

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA
Y GEOGRÁFICA**

E.A.P. DE INGENIERÍA METALÚRGICA

**“EVALUACIÓN EN LA RECUPERACIÓN DEL ORO
Y PLATA A PARTIR DE MINERALES SULFURADOS
EN UNA MATRIZ DE CUARZO MINERA
KORICOLQUI”**

TESIS

Para optar el Título de Profesional de Ingeniero Metalúrgico

AUTOR

Ángel Emilio Palomino Hidalgo

Oscar Ramón Ramos Ledesma

ASESOR

Vidal Sixto Aramburú Rojas

Lima – Perú

2008

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

NOMENCLATURA

CAPÍTULO I:	INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II:	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
	2.1) DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
	2.1.1) EL PROBLEMA FUNDAMENTAL	4
	2.2) JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
	2.2.1) JUSTIFICACION TECNOLÓGICA	5
	2.3) OBJETIVOS:	5
	2.3.1) OBJETIVOS GENERALES	5
	2.3.2) OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
	2.4) HIPÓTESIS	6
CAPÍTULO III:	ESTUDIO DE LOS MINERALES AURÍFEROS	7
	3.1) ANTECEDENTES	7
	3.2) ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA MINA	8
	3.3.1) GEOLÓGIA GENERAL	9
	3.3.2) GEOLÓGIA DEL YACIMIENTO	10
	3.3.3) VETA KORICOLQUI	10
	3.3) TEORÍAS Y CONCEPTOS DEL ORO	11
	3.2.1) HISTORIA DEL ORO	11
	3.2.2) PROPIEDADES DEL ORO	15
	3.2.3) MINERALES AURÍFEROS	17
	3.2.4) DEPOSITOS AURÍFEROS	18
	3.2.5) PROYECTOS AURÍFEROS EN EL PERÚ	20

CAPÍTULO IV:	MERCADO DEL ORO	28
4.1)	PRECIO REAL DEL ORO	28
4.2)	PRODUCCIÓN NACIONAL Y MUNDIAL DE ORO	30
4.2.1)	PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL ORO	30
4.2.2)	PRODUCCIÓN NACIONAL DEL ORO	31
4.3)	IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL ORO	33
4.3.1)	CAÍDA EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL ORO	34
4.3.2)	EL ORO COMO BARÓMETRO DE LA INFLACIÓN	36
4.3.3)	EL PAPEL QUE OCUPA LA MINERÍA	36
4.3.4)	FACTORES QUE ESTÁN IMPULSANDO EL PRECIO DEL ORO	37
 CAPÍTULO V:	 MÉTODOS DE BENEFICIO	 39
5.1)	PROCESO DE FLOTACIÓN	39
5.1.1)	COLECTORES	40
5.1.2)	ESPUMANTES	43
5.1.3)	REGULADORES	45
5.2)	CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD	46
5.2.1)	PRINCIPIOS DE LA CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD	46
5.2.2)	CONCENTRADORES CENTRIFUGOS	47
5.2.2.1)	CONCENTRADOR CENTRÍFUGO FALCON	48
5.3)	CIANURACIÓN	55
 CAPÍTULO VI:	 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA	 59
6.1)	MINERALOGÍA DE LA MUESTRA +200 MALLAS	59
6.1.1)	DISTRIBUCIÓN VOLUMÉTRICA	62
6.1.2)	GRADO DE LIBERACIÓN	63

6.1.3)	INTERPRETACIÓN DE LOS GRADOS DE LIBERACIÓN	63
6.2)	MINERALOGÍA DE MUESTRA -200 MALLAS	66
6.2.1)	DISTRIBUCIÓN VOLUMETRICA	68
6.2.2)	GRADO DE LIBERACIÓN	68
6.2.3)	INTERPRETACIÓN DE LOS GRADOS DE LIBERACIÓN	69
CAPÍTULO VII:	PRUEBAS METALÚRGICAS	74
7.1)	PRIMERA PRUEBA CONVENCIONAL DE FLOTACIÓN	74
7.2)	PRIMERA PRUEBA DE CONCENTRACIÓN CENTRÍFUGA FALCON	78
7.2.1)	PRUEBA DE FLOTACIÓN DEL RELAVE FALCON	79
7.3)	SEGUNDA PRUEBA CONVENCIONAL DE FLOTACIÓN	84
7.4)	SEGUNDA PRUEBA DE CONCENTRACIÓN CENTRÍFUGA FALCON	88
7.4.1)	PRUEBA DE FLOTACIÓN RELAVE FALCON	90
7.5)	PRUEBAS DE CIANURACIÓN	93
CAPÍTULO VIII:	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	101
CAPÍTULO IX:	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
	ANEXOS	114

DEDICATORIA

Con cariño y aprecio a nuestros queridos padres y hermanos, por su incondicional y fiel apoyo para lograr nuestro objetivo.

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento al Ing. José Palomino Parodi (Representante de FALCÓN CONCENTRATOR), por las facilidades brindadas y la orientación oportuna en las pruebas realizadas con sus equipos.

Al Ing. Jorge Castillo Migone (docente) del Instituto TECSUP por su asesoramiento y apoyo sincero en las pruebas realizadas en los laboratorios de la institución citada.

Al Ing. Ángel Azañero Ortiz, en alguna oportunidad Director de la EAP de Ingeniería Metalúrgica de la UNMSM, por su apoyo brindado en la realización de las pruebas metalúrgicas en los laboratorios de la escuela y al Ing. Vidal Aramburu Rojas, profesor y guía, por su incansable apoyo en la corrección y asesoramiento de este trabajo de tesis.

RESUMEN

El mineral estudiado corresponde a la Mina Koricolqui S.A.C. ubicada en la provincia de Otuzco, departamento de La Libertad. La caracterización de la muestra se realizó en el microscopio óptico polarizado de la Escuela Académico - Profesional de Ingeniería Geológica de la UNMSM. Observamos la presencia de esfalerita, calcopirita, pirita, electrum, marcasita, arsenopirita, goetita, calcosita, tetraedrita y gangas, siendo las leyes de la muestra de cabeza de 6.63 gr. de Au /TM y 11.22 oz. de Ag /TM.

La primera prueba de flotación convencional de la muestra se realizó a una granulometría de 55% -200 mallas, cuyo balance metalúrgico global nos indica una recuperación de $Au = 56.85\%$ y $Ag = 44.71\%$.

En vista de que los resultados obtenidos no fueron muy satisfactorios y teniendo en cuenta el estudio microscópico de las especies mineralizadas, se realizó una etapa de preconcentración al mineral utilizando el concentrador centrífugo Falcon previo a la etapa de flotación a una granulometría de 55% -200 mallas, y se obtuvo una recuperación de $Au = 42.68\%$ y $Ag = 30.08\%$. En la etapa de Flotación del relave del concentrador centrífugo Falcon, los resultados nos muestran una recuperación de $Au = 24.57\%$ y $Ag = 28.19\%$. Finalmente, la recuperación total del proceso Concentrador centrífugo Falcon más Flotación del relave Falcon es de $Au = 67.25\%$ y $Ag = 58.27\%$. Es aquí donde se observó que con la etapa de preconcentración las recuperaciones en Au y Ag se incrementaron en 10.40% y 13.56% respectivamente.

En la segunda prueba de Flotación Convencional del mineral inicial, realizado con una granulometría de 66% -200 mallas, los resultados nos indican una recuperación de $Au = 62.63\%$ y $Ag = 49.36\%$.

La segunda prueba de preconcentración con el concentrador centrífugo Falcon previo a la etapa de Flotación, los resultados nos indican una recuperación de $Au = 64.87\%$ y $Ag = 16.42\%$. En la segunda prueba de Flotación del relave del concentrador centrífugo Falcon, nos muestran una recuperación de $Au = 27.82\%$ y $Ag = 38.60\%$. Entonces se obtuvo una recuperación total del proceso concentrador centrífugo Falcon más Flotación del relave Falcon de $Au = 92.69\%$ y $Ag = 55.02\%$. En esta segunda etapa las recuperaciones mejoran

sustancialmente incrementándose en 30.06% y 5.66% para el *Au* y *Ag* respectivamente, por lo que se toma estos valores como resultado óptimo del proceso.

Paralelamente se realizaron pruebas de cianuración del mineral de cabeza dichas pruebas fueron hechas en diferentes tiempos de agitación. Obteniéndose a 36 horas de cianuración una recuperación de *Au* = 81.21% y *Ag* de 52.20%.

NOMENCLATURA

t	Tiempo
nm	Nanómetros
μ	Micras
%	Porcentaje
L/S	Relación líquido-sólido
ppm	partes por millón
Kg.	Kilogramos
TM	Toneladas métricas
Trz	Trazas
gr	Gramo
G.E	Gravedad Específica
hr	Hora
cm ³	Centímetros cúbicos
%R	Porcentaje de recuperación
mgr	Miligramos
moz	Mili onzas
lt	Litros
gr./TM	Gramos por tonelada métrica
Mgr/lt	Miligramos por litro
G's	Gravedades
RPM	Revoluciones por minuto
SG	Diferencia en la gravedad especifica
VFD	Drive Variable De Frecuencia
pH	Potencial de Hidrogeno
Z - 11	Xantato Isopropílico de sodio
PSI	libra por pulgada cuadrada
Hz	hertz
SB	Semi Batch
u/f	Under flow

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La producción aurífera en el Perú, es cada vez más importante en el mundo. En el 2007 se produjo 171 toneladas de oro y se mantuvo en el 5° lugar del ránking mundial de los países productores de este metal. Para que nuestro país permanezca en este honroso puesto deberá producir este año más de 200 toneladas de oro. A pesar de nuestra tradición minera milenaria (principalmente de cobre-oro-plata) solo producimos, conforme estudios y aseveraciones de reconocidos geocientíficos de prestigio nacional e internacional, menos del 10% del ingente potencial. Sin embargo más del 90% de la riqueza mineral permanece aun sin descubrir en las entrañas del territorio nacional, principalmente en la inmensidad de nuestros Andes. [4]

El presente trabajo surge por el interés de desarrollar procedimientos tecnológicos que puedan servir especialmente para los pequeños mineros, cuyos recursos económicos son limitados, y poder brindar alternativas de desarrollo en cuanto a procesos de producción que contribuyan a la pequeña minería de nuestro país.

En el norte peruano en el departamento de La Libertad, provincia de Otuzco, donde se desarrolla la pequeña y mediana minería, existe minerales sulfurados con contenidos apreciables de oro y plata, cuyo componente principal es el cuarzo. Allí se encuentran también numerosos proyectos auríferos como: Alto Dorado (pórfido de *Au-Cu*), Igor (*Au-Ag*), Las Princesas (*Au-Ag*), Pachín Alto (sistema epitermal de alta sulfuración), Sayapullo (yacimiento epitermal de *Au-Ag*), Tres Cruces (*Au-Ag*), Trinidad (aurífero-polimetálico) y el proyecto Vilcoro (*Au-Ag*). Estos proyectos requieren gran apoyo en investigación y desarrollo de métodos alternativos de concentración para que logren desarrollarse y pueda incrementar la producción del oro en el Perú. [5]

El Concentrador centrífugo Falcon se emplea en las pruebas que realizamos para los procesos de extracción de oro y plata como método de preconcentración previo al proceso de flotación, en reciente desarrollo pero que resulta una posible alternativa a los minerales auríferos que presentan oro libre. Mostrando resultados muy satisfactorios en compañías mineras de oro en el mundo como en Canadá como lo dio a conocer el Ing. Mark Van Kleeck en su exposición de *“Nuevas aplicaciones de concentración centrífuga”* en el simposio de Mineralurgia desarrollado en Tecsup[12], así como el éxito alcanzado en la Mina Elvington en Zimbabwe donde mediante solo con el uso del concentrador centrífugo Falcon se logra alcanzar hasta el 70% de recuperación total de Au de la planta, también mostrando resultados positivos en minas de Australia como las minas de Ridgeway, Munni y Telfer. [12]

En el Perú el concentrador centrífugo Falcon presenta también resultados satisfactorios como son los casos de la mina Marsa donde se emplea el equipo para la recuperación de oro de sus relaves, la mina de oro Sipan donde se utiliza el equipo para la misma función y en la mina Antapite de la compañía de minas Buenaventura donde se emplea en conjunto con el circuito de molienda y clasificación para la recuperación de oro fino, pero sin duda el uso del concentrador centrífugo será de gran apoyo para la pequeña minería en el Perú así como lo menciono el Ing. Gustavo Lopez Mosquera, representante de la compañía Falcon en su exposición *“Tecnologías limpias, Concentrador centrífugo Falcon una alternativa para los pequeños mineros”* desarrollado en la EAP de Ingeniería Metalúrgica de la UNMSM. [8]

Es indudable que se requiere profundizar aún más en la optimización del proceso del concentrador centrífugo Falcon como método de preconcentración para procesos posteriores de flotación pero, además ofrecer una alternativa al proceso de cianuración.

Los Metalurgistas debemos proporcionar las tecnologías apropiadas que permitan optimizar la recuperación del oro y plata, y lograr que los 77 proyectos mineros auríferos puedan lograrse desarrollar.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1) DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

En el Perú se encuentran muchos yacimientos mineros polimetálicos acompañados de minerales de oro y plata, donde en algunos casos el mayor componente es el cuarzo en los cuales el oro y plata se encuentran finamente diseminados, y son explotados en diferentes lugares del Perú. Debido a que a lo largo y ancho del país existe mucha actividad que se dedica a la pequeña y mediana minería, que en muchos casos procesa su mineral en plantas convencionales propios de la zona o realizan procesos no adecuados obteniéndose bajas recuperaciones en oro y plata, no resulta rentable el proceso de extracción. Por lo cual, varios yacimientos mineros con contenidos apreciables de oro y plata se encuentran abandonados y desaprovechamos estos recursos minerales solo por no realizar un proceso metalúrgico apropiado.

Los minerales de oro y plata, acompañados de minerales sulfurados donde el mayor componente es el cuarzo, en la mayoría de los casos presentan resistencia a la recuperación del metal valioso, debido a que los elementos se encuentran diseminados dentro del mineral. Esto requiere una mayor liberación para obtener una buena recuperación pues en algunos casos existe oro libre que está fuertemente diseminado por lo que se requiere un proceso de preconcentración, previo al proceso convencional, que permita extraer el oro libre.

Es conveniente desarrollar procesos alternativos de solución como el uso del concentrador centrífugo Falcon como método de preconcentración, y permita así el apoyo a la pequeña minería, logrando incrementar su rentabilidad.

2.1.1) EL PROBLEMA FUNDAMENTAL

El problema fundamental consiste básicamente en la baja recuperación oro y plata obtenidos en el proceso convencional de flotación, por la presencia de partículas finas de oro en una matriz de cuarzo. Esto incide directamente en la actividad económica de la pequeña minería.

2.2) JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se justifica porque aplicando el proceso de preconcentración, previo al proceso convencional, se extraerá el oro libre, optimizando de esta manera, la recuperación del mismo y logrando de esta manera incrementar la rentabilidad en la explotación de los yacimientos mineros, dentro de la pequeña y mediana minería peruana.

2.2.1) JUSTIFICACION TECNOLOGICA

Empleando equipos de concentración centrífuga Falcon, previo al proceso de flotación se logra incrementar la recuperación de oro y plata, aplicando de esta manera procesos tecnológicos apropiados para la pequeña minería dedicada a la extracción del mineral aurífero.

2.3) OBJETIVOS

2.3.1) OBJETIVO GENERAL

Optimizar la recuperación del oro diseminado de los yacimientos mineros con presencia de cuarzo, que permita el desarrollo de la explotación de los proyectos en la mediana y pequeña minería de nuestro país.

2.3.2) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el mejor proceso alternativo, en la recuperación de oro y plata para este tipo de minerales.
- Mejorar la recuperación de oro y plata utilizando un proceso de preconcentración mediante el concentrador centrífugo Falcon.
- Realizar pruebas de cianuración como proceso de comparación

2.4) HIPÓTESIS:

Empleando procesos de preconcentración previo al proceso de flotación, se mejorará la recuperación de oro y plata de los minerales sulfurados en una matriz de cuarzo.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE LOS MINERALES AURÍFEROS

3.1) ANTECEDENTES

El Perú tiene la riqueza más grande del mundo, no solo por cantidad sino también por la gran variedad de recursos mineros, lo que permite a las empresas compensar con otro producto cuando exista baja de precio en un determinado metal. Actualmente la décima parte de estos recursos se encuentran en proceso de explotación. [7]

El oro en la litosfera se encuentra en calizas, calcitas, riolitas, graníticas compuestos de azufre metálico y en rocas sedimentarias. La plata y el cobre son elementos que acompañan con frecuencia en la mineralogía del oro; el arsénico, antimonio, bismuto, hierro, plomo y cinc están generalmente asociados. Los filones que contiene oro, sometidos a la acción del tiempo y meteorizados, liberan el oro que, o bien quedan en el manto del suelo, arenas eluviales o es arrastrado a los arroyos vecinos para formar placeres [7]

Se reconocen dos tipos de depósitos de fisuras mineralizadas, veneros y placeres. Los depósitos de cuarzo conglomerado, que significan el 50% de la producción mundial, generalmente son clasificados como paleo-placeres modificados. Aunque el oro es un elemento raro, aparece en la naturaleza diseminado en pequeñas cantidades. Se halla corrientemente en filones que tienen relación genética con rocas ígneas de tipo silíceo, aunque en algunos lugares se le ha encontrado íntimamente asociado a las rocas ígneas. Gran parte del oro aparece como metal nativo, el telurio y posiblemente el selenio son los únicos elementos que se le combinan en la naturaleza. [7]

3.2) ESTUDIO GEOLOGICO DE LA MINA:

3.2.1) UBICACIÓN Y ACCESO

El derecho minero esta ubicado en el Paraje de Cuyquin, en el Distrito de Carabamba, provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad cuyo acceso desde la ciudad de Lima es como sigue:

- **Lima – Trujillo:** Por vía aérea, se emplea 45 minutos de vuelo.
Por vía terrestre, con un recorrido de 560 Km. de carretera asfaltada, sobre la Panamericana Norte, en camioneta se puede hacer en 8 horas
- **Trujillo – Agallpampa:** Por vía terrestre, se cuenta con carretera asfaltada en 70 Km. y 14 Km. adicionales de carretera afirmada totalizando 84 Km. hasta Agallpampa, que en camioneta se puede hacer en 1 hora 30 minutos.
- **Agallpampa – Mache:** Por vía Terrestre, con un recorrido de 20 minutos en camioneta y sobre carretera afirmada en mal estado se cubre unos 15 Km. de distancia.
- **Mache – Mina:** Por vía terrestre, con un recorrido de 17 Km. sobre carretera afirmada en mal estado, se efectúa en camioneta en 45 minutos de recorrido.

3.2.2) GEOMORFOLOGIA

El área de estudio se encuentra ubicado en el lado Oeste de la cordillera Occidental de los Andes, y se caracteriza por presentar una topografía suave y ondulada con colinas que se encuentran entre 3500 a 3800 SNM. Este relieve se puede correlacionar con la superficie Puna. Esta superficie antigua y penepalenizada ha sido disectada por erosión, habiéndose formado quebradas poco profundas que se encañonan en algunos lugares.

3.2.3) GEOLOGIA GENERAL

En el **are** de la Mina “Koricolqui 2” afloran rocas volcánicas en bancos gruesos y medianos. Litológicamente están constituidas por andesitas, **riloitas** y tufos volcánicos riolíticos que se correlacionan con los volcánicos Calipuy descrita por A. Cossio(1964), quien le designo una edad comprendida entre el Cretáceo Superior a Terciario Inferior.

Los Volcánicos Calipuy, en su parte inferior están constituidos por derrames riolíticos, riolíticos y dacíticos muy alterados de coloración gris y rojizo, estratificados en bancos medianos y gruesos, con intercalaciones de lutitas arenosas de color violácea y en capas de hasta 1 metro de grosor, siendo más numerosas en la base.

Las Andesitas, en forma general están compuestas de plagioclasas y máficos fuertemente cloritizados y epidotizados, observándose rocas más ácidas al NO.

Intrusitos de composición granodiorítica hasta granítica afloran hacia el Sur y Suroeste del área de estudio, hacia el Noroeste se puede apreciar un stock granodiorítico que intruye tanto al volcánico Calipuy como a los sedimentos de la formación Chicama, las rocas son de color gris blanquecino equigranulares de grano medio a grueso y están compuestas principalmente de plagioclasas, ortosa y biotita. Estas forman parte del batolito costanero y cuya edad se asigna al Cretáceo Superior Terciario Inferior.

Dentro de la cuadratura de Koricolqui 2 y dentro de Calipuy aflora una estructura que en forma discontinua tiene más de 700 metros de afloramiento en dirección N-S y buzamiento de 75° E y una potencia promedio de 0.70 metros, existiendo en algunas zonas con más de 5 metros, apreciándose en el extremo Norte ala roca encajonante andesitas, riolitas y tufos riolíticos y la mineralización esta constituida por cuarzo y cantidades subordinadas de pirita, galena y muy esporádicamente esfarelita con altos contenidos de plata y oro, encontrándose el oro en forma libre.

3.2.4) GEOLOGIA DEL YACIMIENTO

La estructura mineralizada del área Koricolqui 2 aflora dentro de la formación Calipuy atravesando andesitas y tufos riolíticos. De acuerdo a las características que presenta la estructura mineralizada se puede decir que es del tipo relleno de **fisura**. La mineralización de la veta Koricolqui 2 es de origen hidrotermal, de fase predominantemente epitermal y esta constituida de mineral argentífero con oro y con escasos contenidos de cobre, plomo y zinc. La mineralización esta controlada por la veta Koricolqui que ocurre en dirección N 10° O, además de algunos ramales secundarios.

En la parte superior de las vetas quiere decir en la parte de lixiviación, la mineralización presenta valores de oro y en menor proporción plata, existiendo una relación de oro a la plata de 2 a 1, mientras que en la zona de los minerales de sulfuros se observa que esta relación se invierte en la misma proporción pero de la plata con respecto al oro, se aprecia poco contenido de pirita, galena, blenda y calcopirita.

Es posible que las riolitas y los tufos riolíticos al ser atravesados por las soluciones mineralizantes hayan sido más receptivos que las andesitas, para introducir la precipitación de los minerales de mena

3.2.5) VETA KORICOLQUI

Al centro del derecho minero aflora la veta Koricolqui que tiene una longitud visible de más de 700 metros en forma discontinua, tiene una dirección promedio de N-S y buza 75° E y tiene una potencia que varía de escasos centímetros y llega a 5 metros en el extremo Norte del derecho minero.

A partir de los 24 metros de profundidad del pique, los minerales se pueden apreciar en forma microscópica, llegándose a distinguir la proustita y otros minerales oscuros, pudiéndose apreciar que la estructura principal esta

constituida por una brecha de cuarzo lechoso dentro de una matriz de cuarzo gris oscuro que aparentemente es el que transporta a la proustita y además presenta cierta porosidad. Muestras tomadas a partir de los 24 metros de profundidad del pique, llegan a tener hasta 10 gramos de oro y 32 onzas de plata por tonelada.

3.3) TEORÍA Y CONCEPTOS DEL ORO:

3.3.1) HISTORIA DEL ORO

El oro fulgura, desde el primer momento de su aparición, en el valle de Vilcanota en los mitos de Tampusocco y Pacarictampu, como atributo esencial de su realeza, de su procedencia solar por la identificación de sol y oro en la mítica universal y de su mandato divino. Una fábula costeña, adaptada en la dominación incaica, relataba que del cielo cayeron tres huevos, uno de oro, otro de plata y otro de cobre, y que de ellos salieron los curacas, las ñustas y la gente común. [10]

El oro es pues, señal de preeminencia y de señorío, de alteza discernida por voluntad celeste. Los fundadores del Imperio, las cuatro parejas paradigmáticas presididas por Manco Cápac, usan todavía la honda de piedra para derribar cerros, pero traen ya, como pasaporte divino, sus arreos de oro para deslumbrar a la multitud agrícola en trance de renovación. Los cuatro hermanos Ayar portan alabardas de oro, sus mujeres llevan *tupus* resplandecientes y en las manos *auquillas* o vasos de oro para ofrecer la chicha nutricia de la grandeza del Imperio. La figura de Manco, el fundador del Cuzco y de la dinastía imperial incaica, fulge de oro mágico solar y sobrenatural. Una fábula cuzqueña refiere que la madre de Manco colocó en el pecho de éste unos petos dorados y en la frente una diadema y que con ellos le hizo aparecer en la cumbre de un cerro, donde la reverberación solar le convirtió ante la multitud en ascua refulgente y le consagró como hijo del sol. En los cantares incaicos

el dios Tonapa, que pasa fugitivo y miserable por la tierra, deja en manos de Manco un palo que se transforma luego en el *tupayauri* o cetro de oro, insignia imperial de los Incas. Manco sale en la leyenda de Tamputocco de una ventana, la Capactocco, enmarcada de oro, y marcha llevando en la mano el *tupayauri* o la barreta de oro que ha de hundirse en la tierra fértil y que le ha de defender de los poderes de destrucción y del mal. Mientras sus hermanos son convertidos en piedra, él detiene el furor demoníaco de las huacas que le amenazan y fulmina con el *tupayauri* a los espíritus del mal que se atraviesan en su camino. En retorno, cuando Manco manda construir la casa del Sol –el Inticancha–, ordena hacer a los "plateros" una plancha de oro fino, que significa "*que hay Hacedor del cielo y tierra*" y la manda poner en el templo del Sol y en el jardín inmediato a éste, a la vez que hace calzar de oro las raíces de los árboles y colgar frutos de oro de sus ramas. [10]

El oro se convierte para los Incas en símbolo religioso, señal de poderío y blasón de nobleza. El oro, escaso en la primera dinastía, obtenido penosamente de los lavaderos lejanos de Carabaya, brilla con poder sobrenatural en los arreos del Inca –en el *tupayauri*, los *llanquis* u ojotas de oro, la *chipana* o escudo y la *parapura* o pectoral áureo– y se reserva para las vasijas del templo y la lámina de oro que sirve de imagen del sol colocada hacia el Oriente, que debe recibir diariamente los primeros rayos del astro divino y protector. La mayor distinción y favor de la realeza incaica a los curacas aliados y sometidos, será iniciarles en el rito del oro, calzándoles las ojotas de oro y dándoles el título de *apu*. Y los sacerdotes oraban en los templos para que las semillas germinasen en la tierra, para que los cerros sagrados echasen oro en las canteras y los Incas triunfasen de sus enemigos. [10]

Los triunfos guerreros de los Incas encarecen el valor mítico del oro y su prestancia ornamental. El Inca vencedor exige de los pueblos vencidos el tributo primordial de los metales y el oro que ha de enriquecer los palacios del Cuzco y el templo de Coricancha. Todo el oro del Collao, de

los Aymaraes y de Arequipa, y por último del Chimú, de Quito y de Chile, afluye al Cuzco imperial. Los ejércitos de Pachacútec vuelven cargados de oro, plata, *umiña* o esmeraldas, *mulli* o conchas de mar, *chaquira* de los yungas, oro finísimo del Tucumán y los Guarmeaucas, tejuelos de oro de Chile y oro en polvo y pepitas de los antis. El mayor botín dorado fue, sin embargo, el que se obtuvo después del vencimiento del señor del Gran Chimú, en tiempo de Pachacútec. El general Cápac Yupanque, hermano del Inca y vencedor de los yungas de Chimú, reúne en el suelo de la plaza de Cajamarca –donde más tarde habría de ponerse el sol de los Incas, con otro trágico reparto– el botín arrebatado a la ciudad de Chanchán y a los régulos sometidos al Gran Chimú y a su corte enjoyada y sensual, en el que contaban innumerables riquezas de oro y plata y sobre todo de "*piedras preciosas y conchas coloradas que estos naturales entonces estimaban más que la plata y el oro*". [10]

En el mundo el oro se conoce desde la antigüedad. Por ejemplo, existen jeroglíficos egipcios de 2600 d.C. que describen el metal, y también lo mencionan varias veces en el Antiguo Testamento. El oro es considerado uno de los metales más preciosos y su valor se ha empleado como estándar para muchas monedas a lo largo de la historia. [9]

Los antiguos egipcios distinguieron, el orden de los siguientes minerales: oro, plata, electrum (siendo éste una aleación de oro y plata), cobre blanco o latón, hierro y plomo. En los metales bases como el oro y la plata los egipcios distinguían varios tipos de pureza. Dividiéndolo en oro bueno, oro de roca, y oro aleado en sus diversas calidades. En dicha época la refinación de dichos metales era remota. Por lo que consideraban al oro natural como un metal diferente del oro aleado. [9]

Al crecer la necesidad del dinero, inspira rápidamente una innovación para que aquel opere con mayor facilidad. Los asirios y los babilonios fueron comerciantes más activos que los egipcios y lograron lingotes de oro perfeccionado y uniforme. Estamparon leones en las pesadas barras

de cerca de 14kg. cada una y grabaron patos en las más pequeñas que pesaban la mitad. Los leones y patos constituyeron una ayuda para la expresión del valor, pero hasta el 600 a.C. las personas deseaban pesar cada trozo de oro. Los pueblos mesopotámicos dividieron asimismo sus caudales auríferos en denominaciones más pequeñas conocidas como talentos, minas y shekels; estos términos pronto se divulgaron a través de Asia Menor y en las ciudades y enclaves griegos de la cuenta mediterránea. El Shekel ha sobrevivido hasta hoy en Israel. [9]

A los árabes no les resultó difícil acumular tales tesoros: despojaban a sus enemigos derrotados de sus pertenencias, aventajaban a sus competidores comerciales y abrían una gran fuente de oro que en poco hubo contribuido hasta que entraron en juego sus esfuerzos. [9]

Los ejércitos árabes extraían el oro de Persia, Siria, Egipto, Palestina, España y la ciudad francesa de Poitiers, hasta que fueron detenidos allí por Calos Martel, en 732 d.C. Los invasores árabes de Egipto reabrieron minas auríferas de Nubia y Etiopía y amasaron grandiosos tesoros ocultos en las tumbas de los faraones. Las consecuencias económicas de estas conquistas fueron muy importantes, pues pronto consiguieron ingresar en el poder económico bizantino, estableciéndose como comerciantes de ingenio y perseverancia extraordinarios, y logrando nuevas relaciones económicas en el Mediterráneo meridional. [9]

El dinar, moneda emitida por el califa Abd el-Melik en Damasco. Tenía una pureza en oro del 97 por ciento y era acuñada en grandes cantidades. El dinar desplazó gradualmente al besante. Los dinares iniciales fueron imitaciones de las monedas bizantinas, con lo que obtuvieron una aceptación inmediata. [9]

La suerte acompañó a los árabes. Como resultado de su conquista y colonización de la costa septentrional de África, establecieron contacto con una fuente aurífera que había hecho la fortuna de Cartago más de mil

años atrás. Durante varios siglos disfrutaron de un monopolio virtual de compra del oro que se encontraba oculto al sur de las remotas regiones del Sahara. [9]

Durante el siglo XIX, la explotación del oro tuvo un gran auge que desató la fiebre en California, Canadá, Australia, Alaska y Sudáfrica. Esto provocó que la producción anual aurífera supere 10 veces el promedio anual en el siglo XVIII, a lo que se sumó la explotación de los españoles de metales preciosos en el nuevo mundo. [9]

El hallazgo de este metal, fue en muchos casos por accidente. El oro una vez explotado despertaba el interés de las personas, se convertían en codiciosos buscadores y organizaban empresas con equipos pesados. El oro extraído lo transportaban en trenes y barcos hacia los tesoros de los bancos. [9]

El aporte de América del sur, fue importante desde su descubrimiento en 1492, pero su final se divisaba cuando menguaron los yacimientos del Brasil y la situación bélica, que vivía la mayoría de los países en busca de la tan mentada independencia. [9]

El “hambre” de oro, movilizó a grandes masas de hombres a los lugares mas inhóspitos persiguiendo un sueño de grandeza.[6]

3.3.2) PROPIEDADES DEL ORO

Propiedades físicas. El oro se halla en la naturaleza en una proporción bajísima. Es un metal de color amarillo característico, blando, muy dúctil y maleable, pues puede reducirse a láminas hasta una diezmilésima de milímetro de espesor (pan de oro); en la escala de dureza de Mohs está entre 2.5 y 3 y posee una gravedad específica de 19.3 gr/mlt. Es

inalterable frente a los agentes atmosféricos y solo es atacable por muy pocos agentes químicos, como el cloro, el bromo, el agua regia, el mercurio y el cianuro de sodio en presencia de oxígeno. [7]

Composición y estructura. Entre el oro y la plata, existe una serie completa de soluciones sólidas y la mayor parte del oro contiene plata. El oro de California, contiene de 10 a 15 % de plata y cuando este último elemento está en proporción mayor del 20%, la aleación es llamada electrum. [7] En el caso de la mina Koricolqui, la plata se encuentra como electrum y como pirargirita, y parte del oro se encuentra amarrado al cuarzo por lo que requiere mayor liberación y otra parte se encuentra fino por lo que no debe sobre molerse.

Diagnóstico. El oro se distingue de otros sulfuros amarillos (particularmente la pirita y la calcopirita) y de las pajuelas amarillas de mica alterada por su ductibilidad y gran peso específico. Se funde fácilmente a 1063 °C. [7]

Yacimiento. Aunque el oro es un elemento raro, aparece en la naturaleza diseminado en pequeñas cantidades. Se halla corrientemente en filones que tienen relación genética con rocas ígneas de tipo silíceo. Gran parte aparece como metal nativo, siendo el telurio y posiblemente, el selenio los únicos elementos que se le combinan en la naturaleza. La principal fuente de oro son los llamados filones hidrotermales de cuarzo y oro, donde junto con la pirita y otros sulfuros, el oro fue depositado por soluciones minerales ascendentes que lo contenían. El oro está simplemente mezclado mecánicamente con los sulfuros y no en forma de combinación química alguna. En la superficie terrestre y cerca de ella, los sulfuros que contienen oro normalmente están oxidados, dejándolo libre y haciendo así su extracción muy fácil. En la mayoría de los filones, el oro está finamente bien dividido y distribuido de forma tan uniforme, que su presencia no puede ser detectada por simple inspección. Los filones que

contienen oro, sometidos a la acción del tiempo y meteorizados, liberan el oro que, o bien queda en el manto del suelo, arenas fluviales, o es arrastrado a los arroyos vecinos para formar placeres. Debido a su gran peso específico, el oro se separa mecánicamente de los materiales más ligeros, de las arenas y lechos de la corriente. [7]

Empleo. El principal empleo del oro se da en joyería, instrumentos científicos, placados electrolíticos, pan de oro, prótesis dentales y en lingotes de inversión. [7]

3.3.3) MINERALES AURÍFEROS

Los depósitos del mineral de oro se pueden clasificar en los grupos: Veneros de oro-cuarzo; depósitos epitermales, placeres jóvenes, placeres fósiles; depósitos con oro diseminado; oro en menas de metales no ferrosos; oro en agua de mar. [7]

- **Menas de Oro Nativo:** En las cuales el metal precioso puede ser removido por separación gravimetría, amalgamación, cianuración y sales oxidantes.[7]
- **Oro Asociado a Sulfuros:** Están presentes como partículas libres o diseminadas en el sulfuro. Las piritas auríferas con oro finamente diseminado en su matriz son bastante comunes. La pirita es relativamente estable en cianuros, en medio de sales oxidantes es disuelto y favorece el proceso por la formación de iones férrico. La pirrotita se disuelve y consume cianuro.[7]
- **Teluros de Oro:** Se encuentra el oro en forma nativa y sulfuros del mismo. La calaverita es un mineral que contiene cerca del 40% de oro, la silvanita contiene 25% de oro con 13% de plata.[7]
- **Oro con otros Minerales:** Se presenta con arsénico y antimonio con trazas de cobre, selenio y telurio así como plomo, cinc y materias carbonáceas. [7]

3.3.4) DEPÓSITOS AURÍFEROS

Para el caso de la Mina Koricolqui su mineral corresponde al grupo de depósitos de oro en cuarzo y cuarcitas encontrándose el metal valioso en forma libre. [7]

Se distingue diez tipos de depósitos auríferos:

- ***Dique aurífero porfirítico, cuerpos graníticos escasamente vetados:***
El contenido de oro en estas rocas graníticas es bajo, en el orden de 3 ppb. Determinadas en diques porfiríticos de cuarzo feldespatos y rocas con piritita *in situ* y/o pirrotita pueden contener hasta 0.1 ppm de oro. [7]
- ***Cuerpos carbonatados y relativamente carbonatados.*** Son bajas en oro y plata 0.005 y 0.1 ppm respectivamente. Muy pocos carbonatos están debidamente enriquecidos en oro y plata como para ser considerado cuerpos mineralizados rentables. Solamente las fases sulfuradas, si existieran en rocas carbonatadas, enriquecidas en oro y plata, podrían ser consideradas como posibles depósitos de oro. [7]
- ***Depósitos auríferos:*** Contienen silicatos antiguos de *Ca-Fe-Mg* y minerales oxidados, junto con silicatos frescos, carbonatados, azufres, sulfuros y minerales de arsénico. El oro está en su forma nativa o como telurio. Los elementos más frecuentes enriquecidos con oro en estos depósitos son: *Fe, S, Cu, Ag, Zn, Pb, Mo, As, Bi* y *Te*. Existen trazas de tungsteno en los depósitos mineralizados de oro. [7]
- ***Veneros de oro-plata, fisuras mineralizadas hacia abajo y cuerpos irregulares silificados en fracturas y fallas:*** Estos depósitos ocurren en rocas de todas las edades, pero principalmente en aquellas pertenecientes a las eras precámbrico y terciario. [7]

La mineralización de estos depósitos en particular está compuesta claramente de: cuarzo, carbonatos, pirita, arsenopirita, sulfuros de metales bases y sulfosales. Los principales minerales de oro son: oro nativo y teluros; la auroestibina aparece en algunos depósitos. Los depósitos incluyen los elementos concentrados: *Cu, Ag, Zn, Cd, Hg, B, Tl, As, Bi, V, Se, Te, S, Mo, W, Mn y Fe* en la forma de carbonatos y/o silicatos. [7]

- ***Veneros auríferos y venas estratificadas:*** Se desarrollan principalmente en secuencias de arcillas y areniscas de origen marino. Algunos depósitos de valor económico, se encuentran en los batolitos graníticos que invaden las secuencias de pizarras. En estos depósitos, el principal mineral está como ganga en el cuarzo. También están presentes la galena, escalerita, calcopirita y pirrotita. Los minerales valiosos en estas menas son: oro nativo con bajo contenido de plata, pirita y arsenopirita aurífera. [7]
- ***Veneros de oro-plata, zonas silicificadas con rocas sedimentarias y volcánicas:*** La ganga predominante es el cuarzo, con algunos depósitos con contenidos moderados de carbonatos. Estos cuerpos mineralizados son principalmente venas de cuarzo, vetas y zonas carbonatadas y salificadas. El oro está principalmente libre, pudiendo estar también como teluro y diseminado en pirita y arsenopirita. La relación de Au/Ag varía notablemente de acuerdo al lugar de análisis. [7]
- ***Depósitos diseminados de oro-plata, en rocas ígneas, volcánicas y sedimentarias:*** Se pueden reconocer tres tipos:
 - a) Depósitos diseminados de oro-plata en estratos ígneos.
 - b) Depósitos oro-plata, diseminados en flujos volcánicos y asociados a rocas volcánicas.

c) Depósitos de oro-plata diseminado en lechos volcánicos y sedimentarios.

Las leyes son altas en estos tipos de depósitos, 15 gr. /Tn.

- ***Depositados de oro en cuarzo y cuarcitas:*** Constituyen las minas más grandes y productivas de oro, alcanzando un 50% de la producción mundial. Estos depósitos están marcados por la presencia de abundante piritita y hematina junto con trazas de sulfuros, arseniuros y minerales de uranio. En los conglomerados de cuarcita está presente oro nativo muy fino < 80μ. [7]
- ***Placeres aluviales y eluviales:*** Producen pepas y arenas de oro con un bajo contenido de plata. Minerales pesados como monacita, suelita y cinabrio, así también metales del grupo del platino, pueden acompañar al oro aluvial y fluvial. [7]
- ***Otras fuentes de oro:*** En este tipo está incluido la calcopirita, sulfuros de cobre-níquel, piritita, arsenopirita, otros sulfuros de metales bases, seleniuros, arseniuros y sulfosales. El oro sigue a los metales base durante la fusión, y es recuperado de las lamas, lodos, producidos durante la electrefinación del metal base. [7]

3.3.5) PROYECTOS AURÍFEROS EN EL PERÚ

Perú sigue siendo el quinto productor aurífero más grande del mundo, pese al grave traspie experimentado por la minera Yanacocha el año 2007, y ya se alista a disputar no sólo el tercer sino el segundo puesto en el concierto mundial de naciones productoras de metales preciosos. Ello se sustenta en la enorme variedad de yacimientos, de todo tipo y volumen, que alberga en sus entrañas y que hoy son materia de exploración intensiva por parte de mineras júnior y empresas de la

mediana y gran minería presentes en nuestro país. Atestigua esta nueva fiebre aurífera, el gran número de proyectos de oro, oro-cobre, oro-plata y también (incluso) de oro-zinc, que vienen siendo desarrollados en 18 departamentos del Perú. [5]

A continuación se presenta el contexto informativo de los presentes proyectos:

- **Afrodita:** Proyecto aurífero, localizado en la región de la Cordillera del Cóndor (región Amazonas), donde mineros artesanales y mineros júnior vienen protagonizando un boom de exploraciones. Perteneciente a la júnior canadiense Ecometals Limited (ex Goldmarca). [5]
- **Alto Dorado:** Porfido de Au-Cu localizado en el distrito de Santiago de Chuco, región La Libertad. Es explorado por la júnior canadiense Candente Resources. [5]
- **Aluja:** Proyecto aurífero ubicado en la provincia de Chumbivilca, región Cusco. Explorado por Newmont Mining (USA). [5]
- **Angostura:** Proyecto de Au-Ag, perteneciente a la minera júnior Águila American Resources, de Canadá, se localiza en el departamento de Apurímac. Tiene recursos potenciales por 90 millones de toneladas, con leyes promedio de 1-3 gr./TM Au. [5]
- **Artemisas:** Proyecto de Au-Cu explorado por minera júnior Radius Gold (Canadá). Se ubica en el distrito apurimeño de Chuquibambilla. [5]
- **Baños Del Indio:** Es un proyecto aurífero localizado en el distrito tacneño de Pachia. Pertenece a la júnior peruana Alturas Minerals. [5]
- **Bolsa Del Diablo:** prospecto aurífero ubicado en la provincia piurana de Las Lomas. Es explorado por la minera júnior canadiense Plexmar Resources. [5]
- **Breapampa:** Es un proyecto aurífero que viene siendo intensamente explorado por Newmont Mining en Joint Venture con Cia. De minas

Buenaventura. Está ubicado en la provincia de Parinacochas, departamento de Ayacucho. Posee recursos indicados de 300,000 onzas de oro. [5]

- **Cápac Orcco:** Prospecto aurífero explorado por minera Peñoles. Se localiza en el distrito de Limbani, provincia de Sandia, región Puno. [5]
- **Casaden:** Proyecto aurífero localizado en el distrito cajamarquino de Magdalena. Es explorado por la minera Quebequense Dynacor Mines Kimited, compañía que opera la única mina productora de tungsteno en el Perú: mina Pasto Bueno, ubicada en Ancash. [5]
- **Ccello-Ccello:** Porfido de Cu-Au localizado en el distrito arequipeño de callalli. Forma parte del portafolio de proyectos de la minera júnior Canadian Shield Resources, de Canadá. [5]
- **Cenepa:** Proyecto aurífero ubicado en la región de la Cordillera del Cóndor, que comparten Perú y Ecuador. Se localiza dentro de los límites de la provincia de Condorcanqui (Amazonas). Explorado por la júnior canadiense New Dimensión Resources. [5]
- **Cerro Corona:** Porfido de Au-Cu. Es uno de los proyectos más importantes que tiene el Perú. Posee reservas por 3' 194,000 onzas de oro y 1,089 millones de libras de cobre. Se ubica en la provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Viene siendo desarrollado por Minera Gold Fields La Cima, sucursal de Gold Fields, de Sudáfrica. La mina empezara sus operaciones en junio del presente año y producirá un promedio anual de 150,000 onzas de oro y 30,000 toneladas de cobre durante una vida de 15 años. [5]
- **Cerro Crespo:** Proyecto aurífero ubicado en la provincia de Chumbivilca, región Cusco. Explorado por un Joint Venture conformado por Newmont, de Estados Unidos y Southwestern Resources, de Canadá. [5]
- **Chaparra:** Es un proyecto aurífero que viene siendo explorado por la minera júnior canadiense Absolut Resources. Está ubicado en el

distrito de Chaparra, provincia de Caraveli, departamento de Arequipa. [5]

- **Colpayoc:** Proyecto de Au-Cu-Ag-Mo, localizado en Cajamarca. Es explorado por la júnior Canadian Shield Resources, de Canadá. [5]
- **Condorhuain:** Proyecto aurífero de Minera Barrica Misquichilca. Está localizado en el distrito de Jangas, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, a 20 Km. de la mina aurífera Pierina. [5]
- **Conga (Ex Minas Conga):** Porfido de Au-Cu-Ag, localizado en la provincia de Celendín y Cajamarca es el proyecto más importante de minera Yanacocha. Posee reservas estimadas en 556 millones de toneladas con ley promedio de 0.66 gr/Tn y 0.26% Cu. Iniciará sus operaciones en el año 2011, se encuentra en estudio de factibilidad. [5]
- **Coripuncho:** Proyecto aurífero localizado en la región Puno. Pertenece a la júnior canadiense New Dimensión Resources. [5]
- **Cruz De Mayo:** Proyecto aurífero ubicado al sur de Cuzco, es explorado por la júnior canadiense Amara Resources Corporación. [5]
- **El Rosal:** Porfido de Au-Cu localizado en la región Lambayeque. Pertenece a Pañoro Resources (Canadá), compañía que también desarrolla trece promisorios proyectos cupríferos de Apurímac. [5]
- **El Tigre:** Proyecto Au-Ag, perteneciente a la minera júnior canadiense Resources, de Canadá. Se ubica en el departamento de Lambayeque. [5]
- **Esperanza:** Proyecto aurífero localizado en la región Arequipa. Es explorado por la júnior canadiense Arcturus Ventures. [5]
- **Fuyani:** Prospecto aurífero ubicado al suroeste del departamento del Cusco. También contiene mineralizaciones polimetálicas. Explorado por la júnior Canadiense amara Resources. [5]
- **Huacullo:** Prospecto de Au- Ag, localizado en la provincia apurimeña de Anta bamba. Es explorado por Newmont Mining (USA) y Southwestern Resources de Canadá. [5]

- **Hua latan:** Prospecto aurífero localizado en el distrito cajamarquino de Bellavista (Jaén). Explorado por la júnior canadiense Absolut Resources. [5]
- **Huilacollo:** Proyecto Au-Ag perteneciente a la minera júnior peruana Alturas Minerals. Esta localizado en el distrito de Pachia, provincia y departamento de Tacna. [5]
- **Huamajala:** Proyecto de Au-Ag ubicado en la provincia de Caylloma, región Cajamarca. Explorado por la minera júnior Canadian Shield. [5]
- **Igor:** Proyecto de Au-Ag perteneciente a la minera júnior Sienna Gold, de Canadá. Ubicada en el distrito de Otuzco, región la libertad. [5]
- **Inmaculada:** Proyecto de Au-Ag localizado en el distrito ayacuchano de Pacaupasa. Explorado por la minera júnior Ventura Gold(USA) en Joint Venture con Minera Ares, del grupo Hochschild. [5]
- **Invicta:** Proyecto de Au-Ag-Cu, perteneciente a la Júnior Canadiense Andean American Mining Corp. El proyecto se ubica en la provincia de Huaura, a 250 Km., al noreste de Lima. [5]
- **Josjo:** Prospecto de Au-Ag, localizado en el distrito y provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica. Forma parte del portafolio de proyectos de Minera Milpo. [5]
- **La Arena:** Yacimiento de alta sulfuración ubicada en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, región La Libertad. Perteneciente a la minera canadiense IamGold. [5]
- **La Zanja:** Proyecto aurífero localizado a 35 Km. al noreste de la ciudad de Cajamarca. Es explorado por la Joint Venture Minera La Zanja S.R.L., Conformado por Cía. de Minas Buenaventura y Newmont Mining. Posee un millón de onzas de oro en reservas. [5]
- **Las Princesas:** Proyecto de Au-Ag a cargo de minera júnior Vena Resources, de Canadá. Está localizado en el departamento de la Libertad. [5]

- **Las Sorpresas:** Proyecto de Au-Ag ubicado en Cajamarca, a cargo de la júnior OREX Venture de Canadá. [5]
- **Laguna:** Proyecto aurífero perteneciente a la júnior canadiense Amera Resources Corp. Está ubicado en el distrito pasqueño de Simón Bolívar a pocos kilómetros de la mina aurífera Quicay, de chancadora centauro. [5]
- **Liam:** Proyecto regional a cargo de Newmont Mining de estados unidos, en Joint Venture con Southwestern Resources de Canadá. Comprende 38 prospectos auríferos, abarca 280,000 has, en la zonas donde confluyen las regiones de Apurímac, Arequipa y Cusco. [5]
- **Liscay:** Prospecto aurífero localizado en la región Huancavelica. Es explorado por Newmont Mining (USA), en Join Venture con Geologix exploración, de Canadá. [5]
- **Los Pircos:** Sistema epitermal de baja sulfuración de Au-Ag localizado en el distrito de Sexi, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. [5]
- **Machaca la:** Prospecto aurífero, ubicado en la región La Libertad, distrito de Carbabamba, provincia de Julcan. [5]
- **Mallay:** Prospecto aurífero ubicado en el distrito de Oyón y provincia de Oyon, departamento de Lima. Es explorado por Cía. de Minas Buenaventura. [5]
- **Mamara:** Proyecto de Au-Ag, localizado en la provincia apurimeña de Grau, a pocos kilómetros de la mina aurífera Santa Rosa. [5]
- **Mercedes 100:** Vetas con mineralización de Au-Ag-Cu-Zn. Se Ubica en la provincia de Concepción, región Junín. [5]
- **Molinetes:** Prospecto aurífero ubicado en el distrito piuraño de las Lomas, que es explorado intensamente por mineros artesanales y mineras júnior. [5]
- **Nangali:** Proyecto aurífero localizado en el distrito piuraño de Huancabamba. [5]
- **Oxapampa:** Proyecto aurífero de minera IRL. Se ubica en Oxapamapa, región Pasco. [5]

- **Pachín Alto:** Sistema epitermal de alta sulfuración, localizado en el departamento de la libertad. Es explorado por la júnior canadiense Sienna Gold. [5]
- **Pamel:** Proyecto aurífero perteneciente a la júnior canadiense Candente Resources. Está ubicado en la sierra de Lima, 40 Km. al noroeste del poblado de Churín. [5]
- **Pampa Andino:** Proyecto de Au-Ag perteneciente a Cía de Minas Buenaventura. Se ubica en el límite de los departamentos de Lima, Ica y Huancavelica. [5]
- **Paron:** Proyecto de *Au-Ag*, localizado en el distrito ancashino de Caraz. Explorado por la júnior Latín Gold Limited de Australia. [5]
- **Patacancha:** Proyecto de *Au-Ag*, localizado en el distrito ayacuchano de Morcolla. Explorado por la júnior británica Cambridge Minerals. [5]
- **Picota:** Proyecto Au-Ag-Cu, perteneciente a la minera júnior canadiense Resources de Canadá. Se ubica en el departamento de Cajamarca. [5]
- **Pico Manchay:** Prospector aurífero localizado en el departamento de Huancavelica. Explorado por la júnior canadiense Absolut Resources en Join Venture con Monterrico Metals (China-Inglaterra). [5]
- **Río Tabaconas:** Proyecto aurífero localizado en el distrito cajamarquino de Tabaconas. [5]
- **Rubí:** Proyecto Au-Ag localizado en la región Ayacucho. Explorado por la júnior canadiense Radius Gold. [5]
- **Rubi Trust:** Proyecto Aurífero ubicado en la provincia cuzqueña de Vilcabamba. Pertenece a la júnior peruana Ruby Trust Gold. Posee reservas probadas con ley promedio de 0.7774 oz./t de oro. [5]
- **San Felipe:** Proyecto aurífero localizado en el departamento de Huancavelica, explorado por la júnior canadiense Amera Resources Corporation. [5]
- **San Luis:** Proyecto de *Au-Ag*, ubicado en la provincia ancashina de Yungay. [5]

- **Sayapullo:** Yacimiento epitermal de Au-Ag de alta sulfuración, ubicada en la provincia de Gran Chimú, región La Libertad. Pertenece a la Cía Minera San Manuel (Grupo Atacocha). [5]
- **Shahuindo:** Proyecto de Au-Ag, cuya propiedad viene siendo disputada por las mineras junior canadienses Century Mining y Sulliden Exploration. Está localizado en la provincia cajamarquina de Cajabamba. [5]
- **Sinchao:** Es un proyecto que alberga diversos tipos de minerales, principalmente Au-Cu. Se localiza en el distrito histórico minero de Hualgayoc (Cajamarca). A cargo de la canadiense Sinchao Metals. [5]
- **Soras:** Proyecto de Au- Ag, localizado en la provincia de Castilla, departamento de Arequipa, al este de la mina Polacota, pertenece a la Cia de Minas Buenaventura. [5]
- **Tantahuatay:** Proyecto de Au- Ag. Es un yacimiento de oro diseminado de alta sulfuración que viene siendo desarrollado por Cía de Minas Buenaventura, en Joint Venture con Southern Perú Cooper Corporation. Está ubicado a 8 Km. al NO de Hualgayoc, en la región Cajamarca. [5]
- **Tres Cruces:** Es el proyecto más avanzado de Minera Barrica Misquishilca. Ubicado en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, región La Libertad. [5]
- **Trinidad:** Proyecto aurífero poli metálico, a cargo de corporación minera San Manuel (grupo Atacocha). Ubicado en la provincia Gran Chimú, región La Libertad. [5]

CAPÍTULO IV

MERCADO DEL ORO

4.1) PRECIO REAL DEL ORO

Cuando el precio del oro supero largamente el récord de US\$ 850 la onza, registrado en enero de 1980, muchos proclamaban que la cotización del metal dorado estaba alcanzando nuevos récords. Esto es verdad siempre y cuando el término de intercambio entre el dólar y el oro sea visto en términos de dólares nominales; pero los dólares nominales ofrecen un panorama distorsionado de la realidad. [5]

En Estados Unidos a causa de la inflación, el dólar ha perdido mucho de su valor real, de tal manera que hoy en día un dólar compra mucho menos que hace 28 años. El índice de precios del consumidor (IPC) se utiliza generalmente para hacer una comparación entre el valor del precio del oro de hoy en día con su valor de hace 20 años. Existen alternativas: el IPC del gobierno estadounidense y el IPC proporcionado por John Williams. Estos dos IPC proporcionan diferentes ajustes inflacionarios para el precio del oro. [5]

El IPC de ShadowStats elimina los cambios que el gobierno de Estados Unidos efectuó en su propio IPC a inicios de la década del 80. En otras palabras el IPC de ShadowStats es el mismo que el gobierno estadounidense usaba para calcular la inflación en la época de Carter (1977-1981). [5]

Los cambios efectuados en el IPC estadounidense fueron introducidos, expresamente, para aminorar los reportes inflacionarios. Una inflación más baja reduce el incremento en el índice de costo de vida que el gobierno estadounidense elabora para los beneficiarios de la asistencia social y la seguridad social, reduciendo, por lo tanto el déficit en su presupuesto. Los beneficiarios de estos dos programas son los que sufren las consecuencias. En

otras palabras, su poder de compra se ve reducido por que los pagos que ellos reciben no se ajustan a la tasa real de inflación. [5]

El precio actual del oro es US\$1,000 por onza, lo cual es aún muy barato. Está a mucha distancia del poder de compra que una onza conseguiría en enero de 1980, el dólar está perdiendo poder de compra cada mes. Si el oro en un futuro no lejano, alcanzase un precio de US\$ 6,355 la onza, la inflación entre el presente y ese mismo futuro requeriría que el oro alcanzase un precio mucho mayor para igualar el poder de compra que tuvo en enero de 1980. [5]

Para concluir, aun si el oro se está transando a un récord histórico en términos de dólares nominales, el precio real del metal dorado todavía está muy por debajo de ese lejano enero de 1980 (si eliminamos el componente inflacionario en el dólar). [5]

PRECIO DEL ORO EN LOS ULTIMOS 10 AÑOS

Figura N° 2



*Fuente www.Kitco.com 2008

4.2) PRODUCCIÓN NACIONAL Y MUNDIAL DEL ORO

4.2.1) PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL ORO [6]

RÁNKING DE LAS 40 MAYORES COMPAÑÍAS MINERAS PRODUCTORES DE ORO EN EL MUNDO DIRANTE EL AÑO 2007

Tabla N° 1

(Produccion en Miles de Onzas)																	
#	Compañía	2004	2005					2006					2007				
		Total	1er T.	2do T.	3er T.	4to T.	Total	1er T.	2do T.	3er T.	4to T.	Total	1er T.	2do T.	3er T.	4to T.	Total
1	Barrick Gold	8610	2046	2072	2410	2567	9095	1960	2085	2162	2440	8647	2029	1957	1930	2140	8056
2	AngloGold Ashanti	6407	1569	1569	1534	1494	6166	1340	1415	1410	1469	5634	1326	1349	1430	1368	5473
3	Newmont Mining	6989	1551	2009	1607	1799	6966	1392	1384	1379	1716	5871	1300	1250	1330	1405	5285
4	Gold Fields	4469	1133	1135	1039	1104	4411	1077	1053	1038	1015	4183	989	1015	1001	960	3965
5	Goldcorp	1361	369	390	374	448	1581	443	517	577	588	2125	558	540	556	639	2293
6	Freeport MacMoRan	1441	610	591	475	1117	2792	473	278	478	508	1737	956	825	269	161	2211
7	Harmony Gold	3428	679	639	618	653	2590	561	554	626	602	2344	503	454	512	435	1905
8	Newcrest	868	320	339	338	430	1427	368	402	380	384	1534	390	463	448	457	1758
9	Kinross Gold	1846	466	473	466	461	1866	459	469	449	445	1822	427	440	376	385	1627
10	Zijin Mining	420	120	120	128	128	496	340	340	452	452	1584					1584
11	Xstrata Plc	1500	319	308	316	343	1286	369	382	374	374	1499					1499
12	China Gold Group	1350															1350
13	Rio Tinto Plc	1727	462	420	376	469	1727	221	240	246	294	1001	271	327	335	293	1126
14	Polyus Gold	1100	207	207	332	332	1076	251	251	357	357	1215	235	235	372	372	1214
15	Shandong Gold	1145	0	0	0	0	1180										1180
16	Buenaventura *	1680	423	402	417	554	1795	436	425	352	290	1503	277	227	250	265	1153
17	IAM Gold	1127	273	286	267	259	1085	247	297	270	220	1034	218	251	242	253	964
18	Yamana Gold	504	116	120	125	124	486	136	141	163	172	613	192	196	210	200	797
19	Lihir Gold	599	101	130	193	172	596	184	113	127	226	650	193	182	157	168	701
20	Centerra Gold	641	213	213	194	167	787	154	164	122	142	582	133	153	136	133	555
21	Randgold	204	68	66	69	58	262	119	105	107	117	448	109	105	110	120	445
22	Northgate	440	85	90	105	124	404	103	121	122	131	476	120	108	113	90	431
23	Jiangxi Copper	386	98	89	89	112	388	103	88	93							396
24	Peñoles	338	92	90	94	101	376	95	96	99	91	380	103	97	90	98	389
25	DRD GOLD	913	188	137	136	131	591	130	132	151	132	545	104	91	99	81	375
26	Lingbao Gold	0	71	71	90	90	322	77	77								333
27	Peter Hambro	209	51	51	73	73	249	54	54	76	76	261	67	67			287
28	Teck Cominco	261	66	63	62	71	262	63	70	70	60	263	60	73	67	85	285
29	El Dorado Gold	82	17	15	19	14	64	19	25	41	50	136	89	99	61	32	281
30	Resolute	307	76	76	72	74	298	74	70	68	60	272	66	64	74	66	269
31	Polymetal	212	51	59	71	62	243	58	58	69	70	256	56	58	66		250
32	Golden Star	148	39	54	54	54	201	45	45	58	53	201	46	42	70	88	246
33	Agnico Eagle	272	55	61	62	63	241	64	56	60	69	249	59	56	56	60	231
34	Zhaojin Minig	0	0	0	0	0	211					225					225
35	INMET Mining	237	75	63	64	60	263	63	62	58	64	247	56	55	55	57	223
36	Hochschild Mining *	0	58	58	58	58	232	54	49	50	54	207	43	48	51	70	211
37	Silver Wheaton	133	40	42	41	42	165	48	54	54	53	209	46				207
38	Kazah Gold Group							48	48	62	62	218	41	41			205
39	Susumanzoloto																190
40	Yukon Nevada	243	54	54	50	46	203	30	50	44	46	170	47		35		187

*El ranking mundial de las compañías y consorcios multinacionales auríferos que han ocupado los primeros cuarenta puestos correspondientes al año 2007 constituye una ardua labor que desarrolla, trimestre a trimestre, la organización Goldsheet Mining, con sede en los Estados Unidos. Es de prever que el número de compañías peruanas productores de oro aumente en el ranking del próximo año, teniendo en cuenta la producción de diversas compañías nacional.

4.2.2) PRODUCCIÓN NACIONAL DEL ORO [6]

Tabla N° 2

PRINCIPALES MINAS AURIFERAS

TITULAR	MINA	REGION	PROVINCIA	DISTRITO	Total Acumulado Enero-Diciembre 2007	Total Comparado Acumulado Enero - Diciembre 2006
Minera Yanacocha	Yanacocha	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	48633.68	81247.215
Minera Barrick Misquichilca	Laguna Norte	La Libertad	Santiago de Chuco	Quiruvica	33773.522	36056.059
Madre de Dios	M.D.D	Madre de Dios	Manu	Madre de Dios	16372.614	15800.18
Minera Barrick Misquichilca	Pierina	Ancash	Huaraz	Independencia	16175.844	15836.009
Compañía de Minas Buenaventura	Orcopampa	Arequipa	Castilla	Chilcaymarca	8292.334	7878.08
Compañía Minera Aurífera Santa Rosa	Santa Rosa- Comarsa	La Libertad	Santiago de Chuco	Angasmarca	5510.648	4909.301
Consorcio Minero Horizonte	Acumulacion Parcoy	La Libertad	Pataz	Chilla	4838.266	5040.674
Compañía Minera Ares	Ares	Arequipa	Castilla	Chachas	4567.813	4836.737
Minera Aurífera Retamas	Retamas	La Libertad	Pataz	Buldibullo	4053.49	4950.147
Aruntoni	Florencia	Moquegua	Mariscal Nieto	Carumas	3716.898	5752.439
Compañía Minera San Simon	La Virgen	La Libertad	Sanchez Carrion	Huamachuco	2789.329	2267.864
Compañía de Minas Buenaventura	Antapite	Huancavelica	Huaytara	Cordova	2221.035	0
Compañía Minera Poderosa	La Poderosa de Trujillo	La Libertad	Pataz	Pataz	2153.928	1907.064
Minera Laytaruma	Laytaruma	Arequipa	Caraveli	Jaqui	2087.52	1713.405
Aruntoni	Acumulacion Tucari	Moquegua	Mariscal Nieto	Carumas	1405.165	0
Xstrata Tintaya	Tintaya	Cuzco	Espinar	Espinar	1206.546	1255.914
Arasi	Arasi 1	Puno	Lampa	Ocuvi	1139.059	0
Cedemin	Paula	Arequipa	Castilla	Choco	995.641	763.742
Chancadora Centauro	Quicay	Pasco	Pasco	Simon Bolivar	884.59	1357.244
Compañía Minera Caraveli	Capitana	Arequipa	Caraveli	Huanuhuanu	846.283	912.031
Minera Dynacor del Peru	Hda.de Beneficio Metalex	Ayacucho	Lucanas	Saia	758.186	445.281
Compañía Minera Ares	Selene	Apurimac	Aymaraes	Cotaruse	711.851	881.385
Cartagena	Cartagena	Puno	Sandia	Quiaca	625.255	0
Minas Arirahua	Barreno	Arequipa	Condesuyos	Yanaquihua	557.159	533.287
Compañía Minera Ares	Arcata	Arequipa	Condesuyos	Cayarani	508.298	369.835
Compañía de Minas Buenaventura	Ishihuinca	Arequipa	Caraveli	Caraveli	452.227	0
Compañía de Minas Buenaventura	Poracota	Arequipa	Condesuyos	Cayarani	398.211	0
Compañía Minera Condestable	Condestable	Lima	Cañete	Asia	382.415	312.669
Compañía Minera Real Aventura	Culebrillas	La Libertad	Pataz	Parcoy	287.301	259.89
Compañía Minera Poderosa	Libertad	La Libertad	Pataz	Pataz	282.745	485.598
Compañía Minera Atacocha	Atacocha	Pasco	Pasco	Asis de Yarusyaca	248.424	185.698
Compañía Minera Milpo	El Porvenir	Pasco	Pasco	Chaupimarca	245.912	248.08
El Misti Gold	Andes Uno	Apurimac	Grao	Turpay	226.126	242.578
Compañía Minera Caraveli	Tambojasa	Arequipa	Caraveli	Chaparra	212.867	222.891
Century Mining Peru	San Juan de Arequipa	Arequipa	Condesuyos	Rio Grande	209.461	0
Aruntoni	Santa Rosa	Moquegua	Mariscal Nieto	Carumas	201.579	696.61
Castrovirreyna Compañía Minera	San Genaro	Huancavelica	Castrovirreyna	Santa Ana	167.651	160.821
Minas Arirahua	Barreno	Arequipa	Condesuyos	Yanaquihua	155.697	161.65
Southern Peru Cooper Corporation	Quajone 1	Moquegua	Mariscal Nieto	Torata	125.299	154.218
Minera Cascaminas	Cascajal	La Libertad	Gran Chimu	Lucma	117.149	0
Minera Yanquihua	Alpacay	Arequipa	Condesuyos	Andaray	109.557	0
Minera Bateas	San Cristobal	Arequipa	Caylloma	Caylloma	107.075	4.907

Compañía Minera San Nicolas	Colorado	Cajamarca	Hualgayoc	Chugur	101.696	47.5
Corporacion Minera Ananea	Ana Maria	Puno	San Antonio de Putina	Ananea	100.03	63.577
Minera Suyamarca	Pallancata	Ayacucho	Parinacochas	Coronel Castañeda	84.839	0
Century Mining Peru	San Juan de Arequipa	Arequipa	Condesuyos	Rio Grande	74.719	0
Compañía Minera Nueva California	Nueva California	Ancash	Yungay	Yungay	70.698	75.97
Pan American Silver	Huaron	Pasco	Pasco	Huayllay	70.225	67.335
Catalina Huanca	Catalina Huanca	Ayacucho	Victor Fajardo	Canaria	69.866	43.621
Compañía Minera San Juan	Mina Coricancha	Lima	Huachiriri	San Mateo	67.093	0
Southern Peru Cooper Corporation	Toquepala 1	Tacna	Jorge Basadre	Ilabaya	58.151	87.295
Pan American Silver	Quiruvilca	La Libertad	Santiago de Chuco	Quiruvilca	57.268	47.383
Century Mining Peru	El Rosario de Belen	La Libertad	Santiago de Chuco	Angasmarca	56.316	0
Century Mining Peru	Acumulacion Ocoña 2	Arequipa	Condesuyos	Rio Grande	56.246	0
Compañía Minera Condestable	Raul	Lima	Cañete	Asia	52.984	149.439
Consorcio de Ing. Ejecutores Mineros	El Cofre	Puno	Lampa	Paratia	44.469	40.75
Minera Vicus	Capacho de ORO 1	Lima	Barranca	Supe	34.936	27.482
Pan American Silver	Acumulacion Huaron-4	Pasco	Pasco	Huayllay	29.712	0
Minera Yanaquihua	Asuncion 2	Arequipa	Condesuyos	Yanaquihua	28.621	0
Southern Peru Cooper Corporation	Cocotea	Moquegua	Mariscal Nieto	Torata	27.339	0
Minera Yanaquihua	Asuncion 6	Arequipa	Condesuyos	Yanaquihua	25.935	0
El Rosario de Belen	El Rosario de Belen	La Libertad	Santiago de Chuco	Angasmarca	24.851	0
Comunida Aurifera Relave	Fe y Alegria	Ayacucho	Parinacochas	Pullo	21.105	9.628
Socieda de Trabajadores Mineros	Santa Filomena	Ayacucho	Lucanas	Sancos	20.079	0
Socieda Minera el Brocal	Colquijirca N°2	Pasco	Pasco	Tinyahuarco	19.229	0
Pan American Silver	Acumulacion Huaron- 1	Pasco	Pasco	Huayllay	15.189	0
Southern Peru Cooper Corporation	Totoral	Tacna	Jorge Basadre	Ilabaya	14.181	0
Century Mining Peru	Acumulacion Ocoña 2	Arequipa	Condesuyos	Rio Grande	12.854	0
Compañía Minera Aurex	Andes	Pasco	Pasco	Simon Bolivar	12.356	15.862
Aurifera Chavinsa	Chavinsa N°1	Madre de Dios	Manu	Huepetue	8.736	6.893
Cedimin	Shila	Arequipa	Castilla	Chachas	7.674	52.938
Pan American Silver	Acumulacion Huaron -3	Pasco	Pasco	Huayllay	7.16	0
Baca Fernandez Cecilio	Luhesa 1	Madre de Dios	Manu	Huepetue	7.104	3.612
Quispe Quispe Justo	Darwin	Madre de Dios	Manu	Huepetue	6.953	0
Condori Cruz Victoria	Saltur V	Madre de Dios	Tambopata	Laberinto	6.095	0
Compañía Minera Caudalosa	Areriquipa M	Ancash	Carhuaz	Marcara	4.172	0

* Fuente Ministerio de Energía y Minas del Perú 2007

4.3) IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL ORO

La totalidad del oro, extraído a lo largo de toda la historia de la humanidad asciende a 157.000 toneladas, de las cuales más de la mitad han sido extraídas desde el año 1950. [9]

En los últimos 5 años, la producción ha sido de unas 2.500 toneladas anuales. El oro se extrae en los 5 continentes con la excepción de la Antártica, donde está expresamente prohibida la minería. Por increíble que parezca todo el oro extraído en el mundo tiene el tamaño de un cubo de 20 metros por cada lado. El precio del oro cotiza en los mercados internacionales en onzas troy, la cual equivale a 31.1g. El oro en la actualidad (año 2008) entra en su séptimo año consecutivo de alzas. Se ha de saber que el oro no es solo una materia prima sino un activo monetario, una divisa más. Todas las demás divisas se basan en la confianza y son deudas de gobiernos, que se pueden crear de la nada, el oro no. El oro es guardado por los bancos centrales como parte importante de sus reservas monetarias. El valor del oro es inversamente proporcional a la devaluación de las monedas: cuanto menos vale el papel moneda, mayor es precio del oro. El oro es considerado un barómetro de la inflación, la subida del oro nos esta contando algo sobre el escenario geopolítico y económico internacional. [9]

La subida del metal dorado, anuncia que la liquidez mundial está creciendo de manera descomunal en todo el mundo, que el papel del dólar como divisa de reserva está en grave riesgo y que la crisis crediticia e inmobiliaria de EEUU es mucho más grave de lo que parece. Existe un importante flujo de dinero hacia el oro, y muchos son los factores que juegan a favor del mercado, muy en especial los temores de inflación y la debilidad del dólar. Desde hace 6 años el oro no ha parado de subir contra todas las divisas. En lo que respecta al oro y finanzas pensamos que nos encontramos tan solo a principio de un gran ciclo alcista con grandes similitudes al que tuvo lugar en los años 70. En 1971 el precio del oro pasó de 50 dólares la onza hasta los 200\$ en 1974. Entre 1974 - 1977 el oro había corregido/consolidado hasta el nivel de los 100\$, más de un inversor abandonó

sus posiciones y muchas "manos débiles" fueron sacudidas. Lo que pasó después del 1977 ya es historia, el oro alcanzó sus máximos históricos de 850\$, en enero de 1980, que ajustados a la inflación actual de hoy serían unos 2.200\$. Al igual que entonces ahora son muchos los analistas que han declarado finalizadas las subidas del metal, y así lo vienen haciendo desde hace ya unos años. Desde 1970 la masa monetaria mundial se ha incrementado 20 veces más que la producción industrial durante el mismo periodo, y a esto se le puede llamar: inflación. [9]

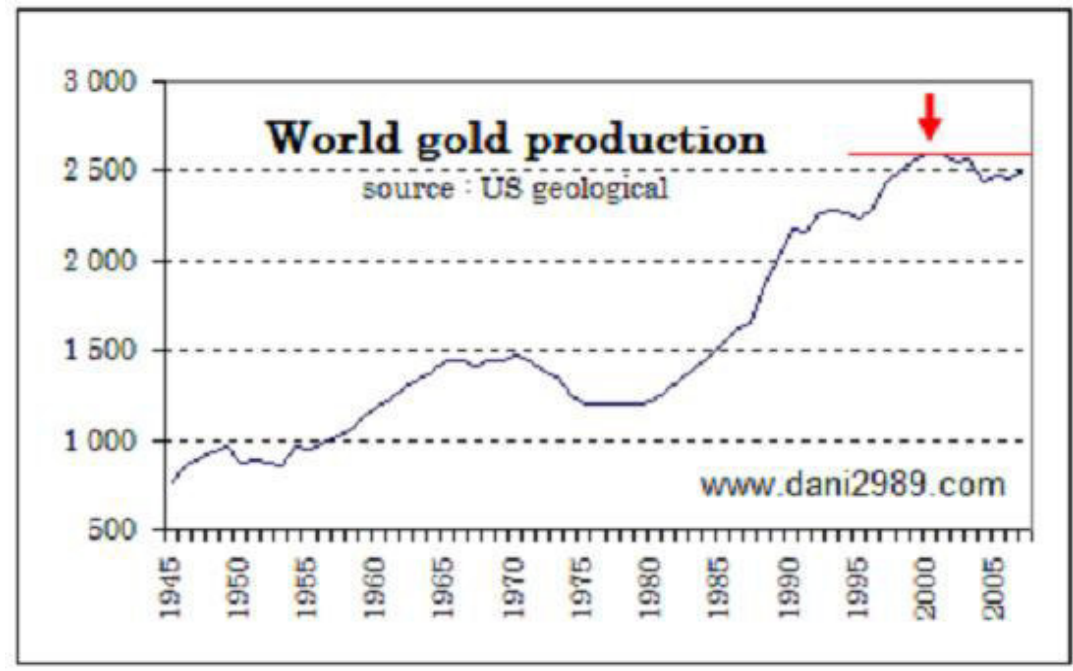
Los factores fundamentales que han llevado los precios del oro desde sus niveles más bajos de 250\$ en el 2001, hasta los casi 900\$ en los que cotiza en la actualidad (año 2008), siguen intactos. Para alcanzar nuevos máximos históricos el oro tendría que superar los 2.200\$ la onza. De esta cifra en adelante es cuando podremos empezar a hablar de máximos históricos. El final de esta década deparará grandes sorpresas para los inversores en el metal. Los inversores apenas se han fijado en el metal, ni se han planteado su importancia monetaria. Desde hace varios años nos encontramos inmersos, sin lugar a ninguna duda, en un gran mercado alcista para el oro que llevará al metal a cotizar por encima de las cuatro cifras en el 2008 y con mucha probabilidad por encima de los 1.600\$ al finalizar esta década. [9]

4.3.1) CAÍDA EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL ORO

De Sudáfrica, el mayor productor del mundo, se extrajeron 290 toneladas de oro en el año 2007. En 1970 la extracción de oro en el país africano fue de 1000 toneladas. Asimismo las producciones de EEUU, Australia, Canadá o Brasil están cayendo. La excepción es China, cuya producción para el 2007 fue de 260 toneladas. Probablemente superará en el 2008 a Estados Unidos como el segundo productor mundial de oro, y estará en posición de convertirse en el primer productor del mundo en menos de cinco años, ocupando el lugar de Sudáfrica. Una producción a la baja, contribuye a una subida del precio del metal. [9]

PRODUCCION MUNDIAL DEL ORO

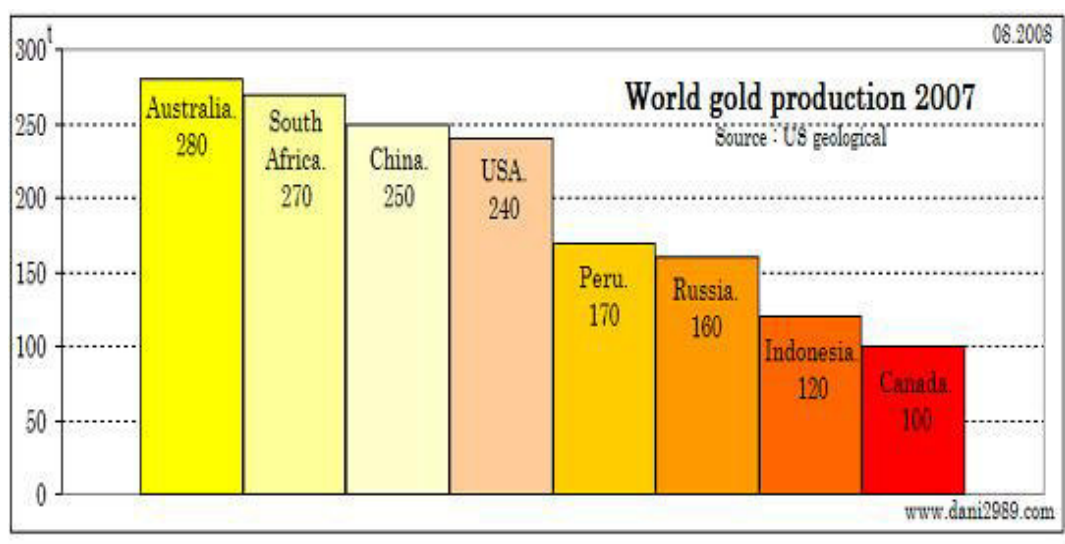
Figura N° 3



*Fuente Análisis Estratégica de Recursos www.dani2989.com

PRINCIPALES PRODUCTORES DE ORO EN EL MUNDO

Figura N° 4



*Fuente Análisis Estratégica de Recursos www.dani2989.com

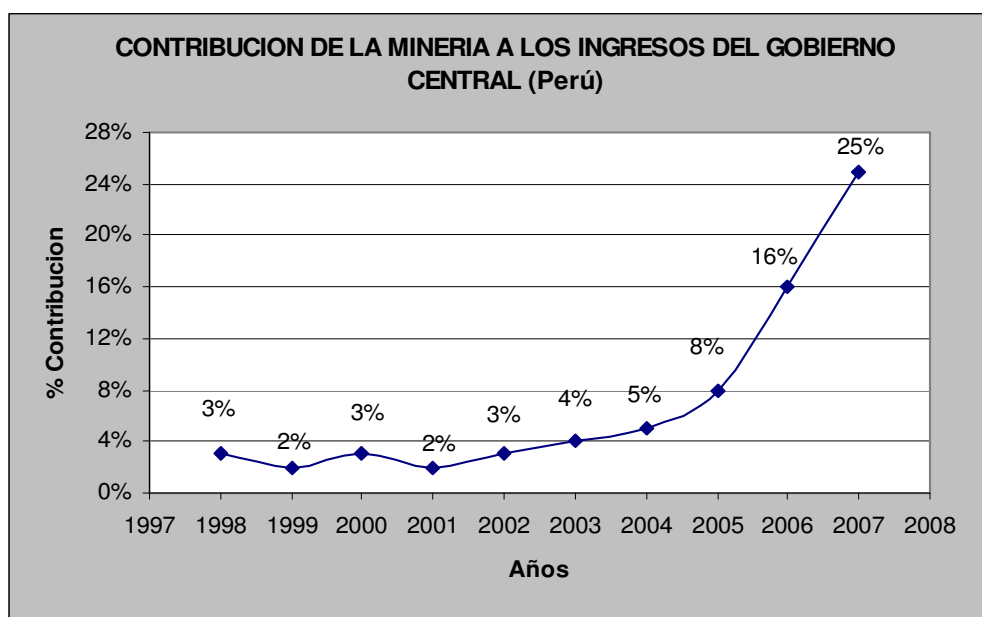
4.3.2) EL ORO COMO BARÓMETRO DE LA INFLACIÓN

El oro es una especie de barómetro que se pone en marcha cuando la confianza en el sistema monetario empieza a fallar. Según un estudio realizado en Londres por los analistas H. C. Wainwright & Co. Economics de Boston, el aumento del precio del oro estos últimos años estaría indicando mayores y generalizadas subidas de precios, que hasta ahora están siendo ignoradas. Si los precios del oro continuaran subiendo, algo en lo que muchos expertos y los Bancos Centrales parecen estar de acuerdo, inversores de todo el mundo se empezarán a plantear cómo protegerse en un ambiente inflacionario. La alternativa, según resalta el estudio, sería las materias primas y en especial el oro. Según este análisis, el oro se movería como el primer eslabón de una cadena de indicadores y reacciona de forma sensible y adelantada como un indicador del desarrollo de la inflación. [9]

4.3.3) EL PAPEL QUE OCUPA LA MINERÍA

Desde finales de los años 90 y debido al bajo precio del oro, entre los años 1997 y 2002 se redujeron las inversiones en exploración aurífera en un 67%. Con los precios del oro más altos lo lógico sería pensar que la producción será mayor, pero no es éste el caso, ya que para poder producir oro, desde su descubrimiento hasta la producción, hace falta que transcurran entre 7 y 10 años. Y no resulta una labor fácil encontrar oro. Por esta razón, al ritmo actual de producción de las mineras, no se podrá dar cobertura a la demanda actual y se generará un déficit acumulativo, muy beneficioso para el precio del dorado metal. [9]

Figura N° 5



*Fuente Sunat 2007

4.3.4) FACTORES QUE ESTÁN IMPULSANDO EL PRECIO DEL ORO

El Dólar. Los temores de inflación y el doble déficit que arrastra la economía americana, unidos a la diversificación fuera del dólar por parte de muchos países debido a la desconfianza en la moneda estadounidense, han tenido un papel determinante en el debilitamiento del dólar y en la subida del oro estos últimos 6 años. [9]

El Factor China y economías emergentes. El Banco Central de China, ha manifestado su interés en diversificar las reservas que en la actualidad tiene mayormente en dólares. China, tiene solo un 1.3% de sus reservas monetarias en oro. Se prevé que, en los próximos años éstas aumenten hasta llegar a un 4%. Esta tendencia en aumentar las reservas de oro la han manifestado asimismo el resto de los Bancos Centrales de economías emergentes como Rusia, India, China o Sudáfrica; todos ellos países donde el oro tiene una gran tradición. [9]

Oferta y Demanda. La producción de minería de oro anual, es de aproximadamente 2.400 toneladas métricas y la demanda de 4.000 toneladas. La oferta de oro proviene tanto de la minería como del oro reciclado llamado "scrap", así como de las ventas de los Bancos Centrales. La mayor demanda del metal procede de países como India, Estados Unidos, China y los países del Golfo, donde el oro ocupa un papel socioeconómico importante. Muchos millones de personas en todo el mundo están convencidas de que el oro es el activo por excelencia. [9]

CAPÍTULO V

MÉTODOS DE BENEFICIO

5.1) PROCESO DE FLOTACIÓN

La flotación en espuma, aprovecha las diferencias en las propiedades físico-químicas de la superficie de las partículas minerales. Después del tratamiento con reactivos, las diferencias en las propiedades superficiales de los minerales que contiene la pulpa de flotación son aparentes. Para producirse tal proceso, una burbuja de aire se debe unir a una partícula de mineral y ser elevada hasta la superficie del agua. El proceso se aplica únicamente a partículas relativamente finas ya que si son demasiado grandes, la adhesión entre la partícula y la burbuja será menor que el peso de la partícula, por lo tanto la burbuja deja caer su carga. [3]

En la concentración por flotación, el mineral normalmente es transferido a la espuma o fracción flotante, dejando la ganga en la pulpa o las colas. Las burbujas de aire solamente se pegan a las partículas minerales si estas desplazan agua de la superficie mineral, lo cual únicamente sucede si el mineral repele en cierta medida al agua o es hidrofóbico. Una vez que las burbujas de aire que alcanzan la superficie, únicamente pueden continuar sosteniendo la partícula mineral si forman una espuma estable, de otro modo revientan y cae la partícula mineral. Para alcanzar estas condiciones, es necesario usar los numerosos reactivos químicos conocidos como reactivos de flotación. [3]

La flotación del oro puede hacerse en el metal nativo, telurio o minerales asociados al oro, principalmente sulfuros de cobre, plomo y arsenopirita. Los minerales de oro pueden clasificarse en 3 grupos generales respecto a la flotación [3]:

- Minerales que no se prestan a la flotación, o que pueden tratarse más fácilmente por otros procedimientos.
- Minerales que se tratan fácilmente por flotación, así como el oro libre y minerales en los cuales el oro está asociado con otros compuestos metálicos.

- Minerales que requieren la combinación de varios procedimientos. La flotación se aplica en este caso de varios modos: flotando los minerales refractarios, dando a una pequeña parte del mineral primitivo un tratamiento especial. La flotación se usa también para separar las cianicidas, así como otras sustancias que son perjudiciales para la cianuración como el cobre el carbón grafito y otros elementos.

La flotación del oro libre requiere la extracción preliminar de las fracciones de tamaños mayores por concentración gravimétrica (el oro mayor de 0.2 mm. debe extraerse antes de la flotación). El tamaño límite de las partículas a flotar depende de las formas de las partículas y de sus superficies. [3]

La mayor parte de los minerales en estado natural no son repelentes al agua y por tanto conviene agregar reactivos de flotación a la pulpa. Los reactivos más importantes son los colectores, los cuales son adsorbidos sobre las superficies de los minerales y los convierte en hidrofobitos (aerofílicos) facilitando su adhesión a la burbuja. Los espumantes ayudan a mantener una espuma razonablemente estable. Los reguladores se usan para controlar el proceso de flotación, activando o deprimiendo la adherencia de las partículas minerales a las burbujas de aire y también se utilizan para controlar el pH del sistema. [3]

5.1.1) COLECTORES

Todos los minerales se clasifican en tipos no polares o polares según sus características superficiales.

La superficie de los minerales no polares, se caracteriza por enlaces moleculares relativamente débiles. Los minerales están compuestos de moléculas covalentes que se mantienen juntas por las fuerzas de Van der Waals; las superficies no polares no se unen fácilmente a los dipolos del agua y como consecuencia resultan hidrofóbicas.

Los minerales con un fuerte enlace superficial covalente o iónico, se conocen como de tipo polar y exhiben altos valores de energía libre en la superficie polar. Las superficies polares reaccionan fuertemente con las moléculas de agua y estos minerales son naturalmente hidrofílicos.

Para flotar los minerales se les debe impartir cierta calidad hidrofóbica, lo cual se logra agregando surfactantes a la pulpa. Los que se conocen como colectores y el tiempo concedido para la adsorción durante la agitación se conoce como periodo de acondicionamiento. Los colectores son compuestos orgánicos que convierten a los minerales seleccionados en repelentes al agua por la adsorción de moléculas o iones sobre la superficie mineral, reduciendo la estabilidad de la capa hidratada que separa la superficie mineral de la burbuja de aire, hasta un nivel tal que la adhesión de la partícula a la burbuja puede hacerse por contacto.

Las moléculas de colector pueden ser compuestos ionizados, los cuales se disocian en iones dentro del agua, o compuestos no ionizados que son prácticamente insolubles y vuelven repelente al agua del mineral cubriendo su superficie con una delgada capa.

Los colectores ionizados, se clasifican de acuerdo con el tipo de ion, anión, catión, que produce el efecto de repulsión al agua dentro de ella.

Debido a la atracción química, eléctrica o física entre las porciones polares y los sitios de la superficie, los colectores se adsorben sobre las partículas con su extremo no polar orientado hacia la masa de la solución, impartiendo de este modo características hidrofóbicas a las partículas.

En general, los colectores se usan en pequeñas cantidades, solo las necesarias para formar una capa monomolecular sobre la superficie de la partícula, ya que al aumentar la concentración aparte del costo, tiende a flotar otros minerales, reduciendo la selectividad. Siempre es más difícil eliminar el colector ya adsorbido que evitar su adsorción.

Una concentración excesiva de un colector, también puede tener un efecto adverso sobre la recuperación de los minerales valiosos, posiblemente debido al desarrollo de multicapas de colector sobre las partículas reduciendo la proporción de radicales hidrocarburos orientados hacia la

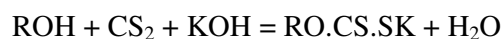
masa de solución. De este modo, se reduce la hidrofobicidad de las partículas y por tanto, su capacidad de flotación. El límite de flotación se puede extender sin perder la selectividad, usando un colector de hidrocarburo con una cadena más grande, produciendo de ese modo una mayor repulsión al agua que si se aumentara de un colector de cadena más corta.

El colector agregado a la cabeza del sistema de flotación, normalmente es relativamente fuerte y no selectivo para promover una recuperación máxima. Muchas veces se agrega un colector más débil, más selectivo al concentrado primario para mejorar el concentrado final que se produzca. Cabe resaltar que los colectores empleados para la flotación del mineral de Minera Koricolqui fueron el Z-11, el cytec Rag 3418 y el cytec Rag 3, los cuales mostraron resultados satisfactorios en el proceso empleado

Colectores Aniónicos:

Son los colectores que más se usan en la flotación de minerales y se pueden clasificar en dos tipos de acuerdo a la estructura del campo polar.

Los colectores oxidrilo: Que tienen como grupos polares aniones orgánicos y sulfa-ácidos y que, como en todos los colectores aniónicos, no presentan al catión como interventor importante en la reacción reactivo-mineral. Los colectores oxidrilo en general son ácidos orgánicos o jabones. *Los xantatos* son los más importantes para la flotación de minerales sulfurados y se preparan haciendo reaccionar un hidróxido alcalino, un alcohol y un bisulfato de carbón:



Donde R hidrocarburo que normalmente contiene de uno hasta seis átomos de carbono; los xantatos que mas ampliamente se usan son el etilo, isopropílico, isobutílico, amílico y hexílico. La reacción entre los minerales sulfurados y los colectores sulfhídricos es compleja. Se asume que los xantatos son adsorbidos sobre las superficies de los minerales sulfurados debido a fuerzas químicas entre el grupo polar y la superficie,

resultado en xantatos insolubles de metal fuertemente hidrofóbicos. También se propusieron los mecanismos que implican la formación y adsorción del dixantógeno, ácido xántico, etc. y se demostró que el sulfuro no se une a los aniones del colector sin la acción previa del oxígeno. Se considera que la reacción del xantato con los productos de la oxidación de la superficie de sulfuro a través de un proceso de intercambio iónico es el mayor mecanismo de adsorción para la flotación de los sulfuros. Sin embargo, un alto grado de oxidación superficial, acompañado de la formación de sulfatos que reaccionan rápidamente con los xantatos, o previene o impide la flotación, puesto que los xantatos metálicos así formados escaman el mineral.

Los xantatos normalmente se usan en pulpas débilmente alcalinas puesto que se descomponen en medio ácido y a valores altos de pH, los iones hidroxilo desplazan a los iones xantatos de la superficie mineral.

Los ditiofosfatos no se usan tanto como los xantatos, pero en la práctica son reactivos importantes. Son colectores comparativamente débiles pero dan buenos resultados en combinación con los xantatos. Parece que la repulsión al agua conferida a la superficie mineral se debe a la formación de un producto de oxidación del colector ditiofosfato el cual se adsorbe sobre la superficie mineral. De este modo, como en los xantatos, la presencia de oxígeno u otro agente oxidante, es indispensable para la flotación. Las fuertes condiciones oxidantes destruyen las sustancias hidrofóbicas y por ese motivo son indeseables, mientras que la oxidación misma de la superficie mineral puede impedir la adsorción del colector. Se considera que para el avance futuro de la teoría de la flotación, es indispensable conocer las características de la oxidación del mineral y del colector así como sus propiedades eléctricas.

5.1.2) ESPUMANTES

Cuando las superficies minerales se vuelven hidrofóbicas por el uso del colector, la estabilidad de la adhesión de la burbuja, especialmente en la

superficie de la pulpa, depende en gran parte de la eficiencia del espumante. [3]

El comportamiento ideal del espumante ocurre totalmente en la fase líquida y no influye sobre el estado de la superficie del mineral. Sin embargo, en la práctica, hay una interacción entre el espumante, el mineral y otros reactivos; la selección de un espumante apropiado para una mena en particular solamente se puede hacer después de un amplio trabajo de prueba. En la flotación de minerales sulfurados es práctica común emplear al menos dos espumantes y más de un colector. Los espumantes específicos se seleccionan para proporcionar las propiedades físicas adecuadas a la espuma, mientras que el segundo espumante interactúa con los colectores para controlar la dinámica del proceso de flotación.

Los espumantes generalmente son reactivos orgánicos de superficie activa heteropolar, capaces de ser adsorbidos en la interfase aire-agua. Cuando las moléculas de superficie activa reaccionan con el agua, los dipolos de agua se combinan rápidamente con los grupos polares hidratándolos, pero prácticamente no hay reacción con el grupo de hidrocarburo no polar, pues la tendencia es forzar al último hacia el interior de la fase aire. De este modo la estructura heteropolar de la molécula de espumante lleva a su adsorción, es decir, las moléculas se concentran en la superficie con los grupos no polares orientados hacia el aire y los grupos polares hacia el agua.

De este modo la acción espumante, se debe a la habilidad del espumante para adsorberse sobre la interfase aire-agua. Debido a su actividad superficial también es capaz de reducir la tensión superficial, estabilizando así la burbuja de aire.

Los espumantes deben ser hasta cierto grado solubles en agua, de otra manera se distribuyen muy irregularmente en una solución acuosa y sus propiedades de activador de superficies no resultan completamente efectivas. Los ácidos, aminas y alcoholes son los más solubles espumantes.

Los alcoholes (- OH) se usan más ya que prácticamente no tienen propiedades colectoras y en este aspecto se prefieren en lugar de otros espumantes, como los carboxilos, que son colectores poderosos. La presencia de propiedades colectoras y espumantes en el mismo reactivo dificulta la flotación selectiva.

El aceite de pino que contiene alcoholes aromáticos cuyo componente espumante más activo es el terpinol, se usa ampliamente como espumante. El Cresol también se usa mucho.

El carbinol isobutil metil (MIBC) es un espumante de múltiples usos. Otros tipos de espumantes sintéticos se basan en los éteres de poliglicol y resultan muy efectivos. Se venden con varios nombres tales como Dowfroth 250, Cyanamid R-65 y el Unión Carbide PG-400.

5.1.3) REGULADORES

Los reguladores o modificadores se usan mucho en flotación para modificar la acción del colector, ya sea intensificando o reduciendo el efecto repelente al agua sobre la superficie mineral para de esa manera hacer más selectiva la acción del colector hacia ciertos minerales. Los reguladores se pueden clasificar como activantes, depresores o modificadores del pH. [3]

Activadores. Estos reactivos alteran la naturaleza química de las superficies del mineral de tal modo que se convierten en hidrofóbicos debido a la acción futura del colector. Los activadores generalmente son sales solubles que se ionizan en solución y los iones reaccionan entonces con la superficie del mineral.

Depresores. La depresión se usa para incrementar la selectividad de la flotación volviendo hidrofílicos (ávidos de agua) a ciertos minerales y evitando así su flotación. Existen muchos tipos de depresores cuyas acciones son complicadas y variadas, y que en la mayoría de los casos se conocen poco, lo que dificulta controlar la depresión más que si se aplicaran otros tipos de reactivos. El recubrimiento de lama es un ejemplo

de una forma de depresión que se presenta naturalmente. En una mena triturada y molida las lamas dificultan la flotación, ya que recubren a las partículas de mineral, retardando la adsorción del colector.

5.2) CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD

Los métodos de separación por gravedad se usan para tratar una gran variedad de materiales que varían desde los sulfuros metálicos pesados, como la galena (densidad relativa 7.5) hasta el carbón (densidad relativa 1.3); así como también para recuperar oro libre, plata y platino de circuitos de molienda en plantas de flotación y/o de cianuración, recuperación de oro aluvial, retratamiento de relaves de flotación, etc. [3]

Estos métodos fueron perdiendo importancia debido al desarrollo del proceso de flotación, así como el desarrollo de otros procesos alternativos. Sin embargo; en los últimos años muchas compañías han revaluado los sistemas gravimétricos debido al incremento en los costos de los reactivos de flotación, la relativa simplicidad de los procesos gravimétricos y al hecho de que producen relativamente poca contaminación ambiental.

Cada vez se usan más las técnicas gravimétricas que recuperan los minerales pesados valiosos residuales de las colas de flotación. Aparte de la producción corriente hay muchos enormes terrenos de colas que se pueden excavar y procesar económicamente para rendir concentrados de alto valor usando tecnología recientemente desarrollada.

5.2.1) PRINCIPIOS DE LA CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA

Los métodos de concentración gravimétrica, separan minerales de diferente densidad relativa por su movimiento relativo, respondiendo a la gravedad y a algunas fuerzas. Frecuentemente son la última resistencia al movimiento que ofrece un fluido viscoso, como el agua o el aire.

Para una separación efectiva es indispensable que exista una marcada diferencia de densidad entre el mineral y la ganga. A partir del criterio de concentración, se tendrá idea sobre el tipo de separación posible. [3]

$$\frac{D_h - D_f}{D_l - D_f}$$

D_h = densidad relativa del mineral pesado

D_l = densidad relativa del mineral ligero

D_f = densidad relativa del medio fluido

En términos muy generales, cuando el cociente es mayor de 2.5, ya sea positivo o negativo, entonces la separación gravimétrica es relativamente fácil. A medida que el valor del cociente disminuye, la eficiencia de separación disminuye; a menos de 1.25 la concentración por gravedad por lo general no es comercialmente posible.

El movimiento de una partícula dentro de un fluido, depende no solamente de su densidad relativa, sino también de su tamaño y las partículas grandes, serán más afectadas que las más pequeñas. La eficiencia de los procesos gravimétricos por lo tanto, aumenta con el tamaño de partícula. Las partículas, cuya pequeñez da lugar a que su movimiento sea denominado principalmente por la fricción superficial, responden relativamente mal a los métodos gravimétricos comerciales de alta capacidad. En la práctica es necesario el estrecho control del tamaño de la alimentación a los métodos gravimétricos para reducir el efecto del tamaño y hacer que el movimiento relativo de las partículas dependa de la densidad relativa.

5.2.2) CONCENTRADORES CENTRÍFUGOS

Los concentradores centrífugos constituyen la principal innovación realizada a los implementos de concentración gravimétrica de oro. En un tiempo muy corto, han ganado gran aceptación para la recuperación

gravimétrica de oro en minas grandes; frecuentemente en los circuitos de molienda para separar oro libre y evitar sobremolienda y antes de plantas de cianuración o flotación para recuperar el oro grueso. También existen muchas aplicaciones en plantas industriales en la minería aurífera aluvial. Otra aplicación especial para los concentradores centrífugos es la recuperación del oro como un producto secundario, por ejemplo en canteras de grava. Todos los concentradores centrífugos operan con el mismo principio: básicamente, un recipiente que rota efectúa la separación gravitacional de la carga en un campo centrífugo.

5.2.3) CONCENTRADOR CENTRÍFUGO FALCON

Consisten de dos líneas especializadas de concentradores de proceso mineral Centrífugo incrementado. [8]

- Falcon C - concentradores continuos
- Falcon SB - concentradores semi – batch

El uso de campos gravitacionales altos (hasta 300 Gs) y grandes capacidades permiten que las unidades recuperen metales finos liberados y minerales, y hacen eficiente las separaciones, incluso cuando otros procesos de gravidez son inadecuados. [8]

A) EL CONCENTRADOR SEMI – BATCH (SB)

El concentrador semi – batch es usado para recuperación de metales preciosos (Au, Ag y Pt) de la serie de proceso con ciclos de descarga concentrados automatizados. Esta serie de equipo es usado para recuperar una fracción de la masa de alimentación como un concentrado de alto grado. Las ventajas significativas sobre el equipo son el capital, la operación, los costos de mantenimiento bajos. [8]

Estos Concentradores Falcon pueden recuperar partículas ultra finas liberadas y hacer separaciones de alta calidad por medio de la utilización del campo gravitacional. En algunos ejemplos, un circuito Falcon puede alcanzar tanto como el 80 % de la producción total de la planta dependiendo del porcentaje del metal nativo presente. Las series Falcon “SB” de concentradores producen alto grado de concentrados mientras requieren poco o ninguna intervención de operador. El diseño de balde de dos etapas produce separaciones superiores y un fácil reemplazo de la parte usada. [8]

Las unidades del Modelo Falcon “SB” trabajan mejor para:

- Recuperación de platino, plata y oro libre
- Circuito de molienda con ciclones u /f o alimentación
- Concentrados de limpieza
- Colas de scavenger
- Oro placer y aluvial

Cómo trabaja:

Estos concentradores SB emplean una zona de retención en la parte superior del rotor, requiriendo la adición de un pequeño volumen del agua de proceso. Estas unidades pueden procesar partículas tan grandes como 6 mm, pero también ser muy eficientes en la recuperación de partículas finísimas. [8]

Las partículas del flujo de alimentación están sujetas a las fuerzas gravitacionales de hasta 200 G's y son segregadas de acuerdo a la gravedad específica efectiva a lo largo de la pared del rotor. Las capas más pesadas pasan sobre la cama de concentrado retenido en los rifles en la parte superior del tazón del rotor. [8]

La adición de agua de fluidización o presión trasera de agua desde la parte de atrás de las camas “rifle” permiten a las partículas objetivo pesadas migrar a la base o fuera de la cama y sean retenidas en preferencia a las partículas más ligeras. [8]

Las G's altas permiten la recuperación efectiva de cada partícula muy fina (debajo de los 10 micrones) y la profundidad de la cama permite concentrar las partículas más toscas en el flujo de alimentación para recuperarlas de manera segura. Cuando la cama se ha constituido en un grado suficiente, la alimentación es detenida (durante 30 segundos), el rotor es reducido, la construcción en spray aumenta múltiples enjuagues el concentrado bajo el deflector del rotor y fuera del rotor descarga los puertos en un lavador de concentrado. [8]

B) ESPECIFICACIONES

B.1) SB 40

El Modelo SB 40 está diseñado específicamente para el trabajo de prueba de laboratorio, pequeñas muestras de mineral o limpieza de concentrado. El diseño y materiales de construcción han sido cuidadosamente seleccionados para minimizar la posibilidad de contaminación entre las muestras. [7]

Tabla N° 3

PARAMETROS DE OPERACION	
Capacidad de Alimentación	0-660 lb/hr (0-300kg/hr) sólidos
Densidad máxima de Alimentación	75 % sólidos por peso, 55 % recomendado
Tamaño de Partícula	Menos 12 malla (1.7 mm)
Requerimiento agua de Fluidización Típica	1 – 5 USgpm (4 – 20 lpm)- dependiendo del material
Volumen Concentrado	4.0 in ³ (65 ml)
Peso Concentrado	0.15 – 0.30 lbs (0.07 – 0.15 kg)
Campo Centrifugal	0 – 300 G ´ s

*Fuente Manual del Concentrador Falcon

B.2) VFD

Los parámetros VFD son establecidos, siendo pocos los cambios realizados en la fábrica de Falcón. Consulte el Manual de Mitisubishi VFD para una lista completa de las características. [7]

Parámetros cambiados en la fábrica Falcon:

Tabla N° 4

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICA DE FÁBRICA
Frecuencia Máxima	80 Hz
Frecuencia Mínima	0 Hz
Tiempo de Aceleración	7 seg
Tiempo de Desaceleración	7 seg
Terma Electrónica O / L	2,02 Amps
Voltaje de frecuencia base	Ver placa de motor
Accel /Decel Reference Freq.	70 Hz
Hasta Sensibilidad de Frecuencia	5%
Detección de Desconexión PU	15
Prevención de Rotación Reversa	1

*Fuente Manual del Concentrador Falcon

B.3) VFD FR – PU04 Unidad de Parámetro

Para cambiar el concentrador G- Fuerza:

- Recurrir a la hoja de datos Falcón: RPM vs “G” s
- Escoger la Fuerza “G” deseada
- Ingresar la frecuencia deseada en VFD

B.4) RPM vs G's

Tabla N° 5

AUTOPAC Hz	MOTOR RPM	ROTOR RPM	ACELERACIÓN "G"
20	583	583	20
25	729	729	31
30	875	875	44
35	1021	1021	60
40	1167	1167	78
45	1313	1313	99
50	1458	1458	123
55	1604	1604	148
60	1750	1750	176
46.66	1361	1361	107
52.15	1521	1521	133
55.33	1614	1614	150
59.76	1743	1743	175
63.89	1863	1863	200
67.76	1976	1976	225
71.43	2083	2083	250
74.91	2185	2185	275
78.25	2282	2282	300

*Fuente Manual del Concentrador Falcon

C) OPERACIÓN

C.1) PARÁMETROS DE OPERACIÓN RECOMENDADOS

El concentrador Falcon modelo SB, toma ventaja de la diferencia en la gravedad específica entre las partículas objetivo más pesadas y las partículas más ligeras para efectuar una separación. Una mezcla de flujo de pulpa, es dirigida dentro de un rotor girando en suficiente RPM hasta 300 G's para el material procesado. Esta fuerza Centrífuga magnifica la diferencia en la gravedad específica (SG) y la geometría del rotor, facilita la retención del

oro o partículas pesadas, prefiriéndolas a partículas SG más bajas que son rechazadas con el agua del proceso. [7]

El agua de presión, trasera es inyectada entre los anillos riffle en la parte superior del rotor desde atrás para permitir que las partículas pesadas migren hacia la zona de retención concentrada. Al final de la prueba o en predeterminados intervalos, cuando la alimentación de la mezcla es discontinuada, el rotor es detenido y los concentrados son recogidos. La separación de óptimo rendimiento es lograda cuando las partículas valiosas de alta gravedad específica y las partículas de ganga de baja gravedad específica son relativamente del mismo tamaño y liberadas una de la otra (ejemplo: partículas medianas de SG intermedio). [7]

Selección de Proceso

Tabla N° 6

Test de Serie Falcon “SB”	Simulación Falcon “C”
<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de oro libre, plata o platino desde flujos de proceso. • Las muestras son usualmente desde el circuito de molienda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de metales y minerales de flujos de proceso. • Las muestras son usualmente de molienda o flujos de alimentación, ejemplo: preconcentración.
Test:	Test:
<ul style="list-style-type: none"> • 10 kg. de muestra • Test único • Ensaye de cola y concentrado completo y de nuevo calcular la alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 kg. de muestra • Test de tres pases • Ensaye de cola final, los tres concentrados y calcular de nuevo la alimentación. • Los resultados producen una curva de recuperación / grado que incorpora la masa • Ratio de concentración de combinado concentrado no debe exceder de 4:1

*Fuente Manual del Concentrador Falcon

OBJETIVO : (80 – 100) gr. CONCENTRADO

< 80 gr. de Concentrado

Presión de Agua Demasiado Alto

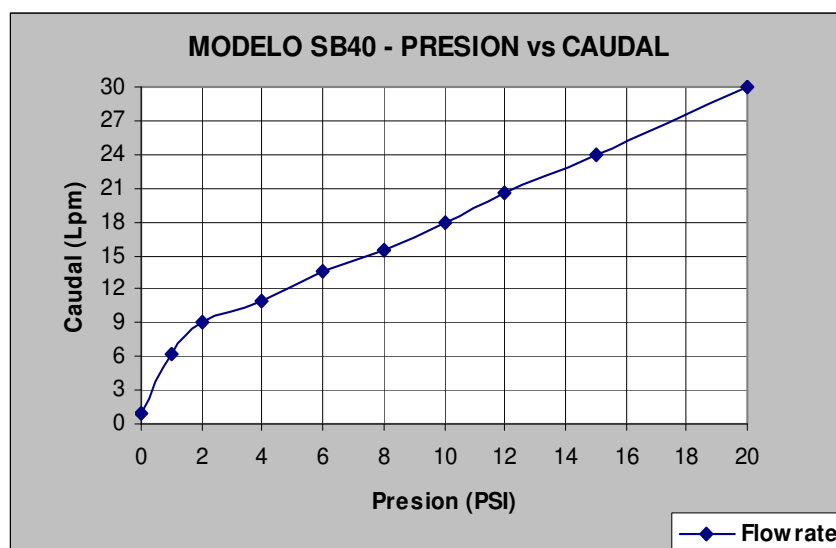
> 120gr. de Concentrado

Presión de Agua Demasiado Bajo

Nota: Las muestras con altos porcentajes (10 – 40)% de peso de material en la alimentación generarán masas más altas de concentrado que el establecido arriba.

El siguiente gráfico N° 1 muestra la relación de la presión leyendo en el SB 40 y la tasa de flujo correspondiente. [7]

Figura N° 6

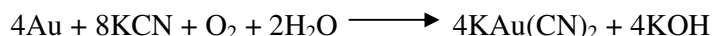


*Fuente Manual del Concentrador Falcon

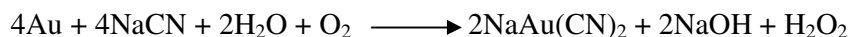
5.3) CIANURACIÓN

A) GENERALIDADES

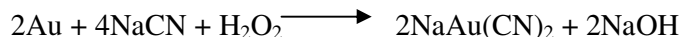
Elsner realizó el primer estudio amplio sobre las reacciones químicas involucradas en la acción de soluciones acuosas de cianuros alcalinos sobre el oro, y propuso la ecuación que desde entonces se ha conocido como la Ecuación de Elsner [1]:



El oxígeno forma parte integral de la reacción y es absolutamente necesario para que ésta proceda. Se han sugerido otras reacciones para la disolución de oro por soluciones de cianuro. La propuesta por Bodlaender es[1]:

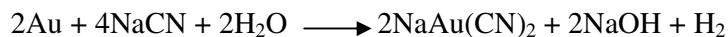


El peróxido de hidrógeno, formado durante la reacción anterior, participa en una reacción subsiguiente, así[1]:



Sin embargo, la ecuación global de las reacciones de Bodlaender es la misma que la ecuación de Elsner. [1]

Otra reacción sugerida por Janin, es la siguiente:



Se muestra que, en el caso de la ecuación de Elsner, éste procedería completamente. El equilibrio de la ecuación de Janin es bastante desfavorable, de modo que se puede convalidar. Barsky, Swainson y Hedley, determinaron las energías libres de formación de los iones aurocianuro y a partir de la data obtenida, calcularon los cambios de energía libre de las distintas reacciones químicas sugeridas. Finalmente señalaron cuáles resultados eran teóricamente posibles bajo condiciones de una cianuración normal, así

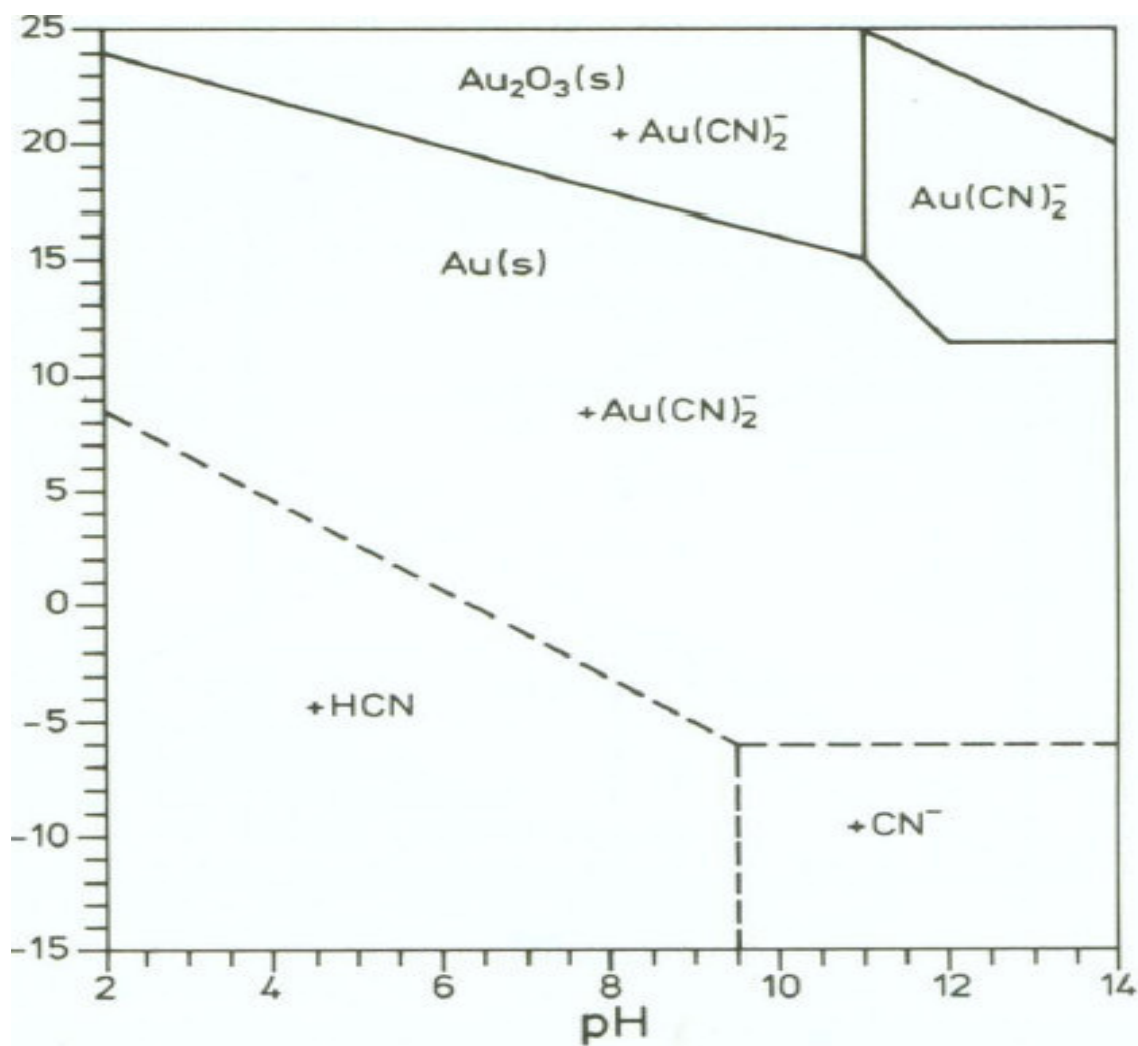
como imposible la formación de hidrógeno bajo condiciones de una cianuración normal.

[1]

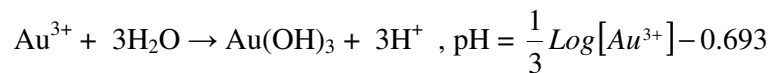
El comportamiento del sistema de Redox se entiende mejor utilizando los diagramas de Pourbaix, donde las regiones presentan las regiones de estabilidad de las diferentes especies. [1]

DIAGRAMA DE POURBAIX PARA EL ORO

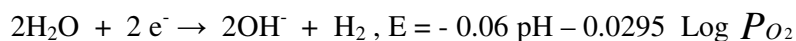
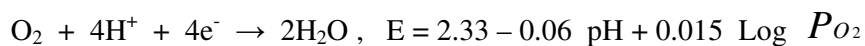
Figura N° 7



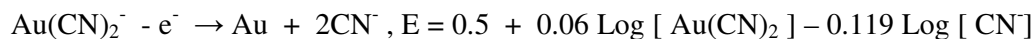
Otra relación que se encuentra involucrada es:



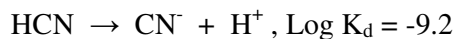
La condición de estabilidad del agua está indicada por las relaciones[1]:



Al construir el diagrama de Pourbaix para el sistema Au – CN – H₂O, las reacciones que involucran dicho proceso son[1]:



Sabiendo que la concentración del CN⁻ es dependiente del pH y del cianuro total, y que el cianuro sufre hidrólisis bajo la reacción[1]:



Por lo tanto, el cianuro total será:



El potencial requerido para el proceso está expresado por:

$$E = 0.5 + 0.06 \text{ Log } [\text{Au}(\text{CN})_2^-] - 0.118 \text{ Log } [\text{CN}_t - 2\text{Au}(\text{CN})_2^-] + 0.118 \text{ Log } [10^{9.2} + [\text{H}^+]]$$

A mayor pH, el potencial es menor, y mayor, el campo de estabilidad del complejo; el potencial de reducción se hace mucho menor que el de reducción del oxígeno. [1]

La adición de cianuro hace disminuir el potencial de reducción del oro, así facilita su disolución a través de todo el rango de pH. [1]

El límite superior de estabilidad del agua (donde O_2/OH^-) es una región oxidante poderosa, que permite la oxidación del oro por lo tanto disuelve o previene la reducción del aurocianuro. [1]

La zona de formación del peróxido de oxígeno, entre el límite inferior y superior de estabilidad del agua, indica que O_2/H_2O_2 promueve la disolución de oro en la solución cianurada. [1]

El campo de estabilidad del complejo aurocianuro está limitado por una recta que inicialmente muestra una pendiente pronunciada (efecto de la hidrólisis del cianuro a pH menor a 9). Esta pendiente se torna luego casi horizontal debido a la acción oxidante del oxígeno en medio básico, lo cual permite la reacción de lixiviación por formación de aurocianuros. En el mismo gráfico se puede observar que los compuestos $Au(OH)_3$, Au^{+3} , y $HAuO_3^{-2}$ son reducidos por introducción del cianuro. [1]

B) CINÉTICA DE LA REACCIÓN

Como el tiempo en el cual se lleva la reacción es el de la etapa de menor velocidad (llamada entonces etapa controlante) es importante identificar a ésta para incrementar su rapidez. [1]

Una reacción fisicoquímica en el cual se hallan involucradas una fase sólida y otra líquida se consume en las cinco etapas siguientes:

- 1) Difusión de los reactantes desde la solución hasta la interfase sólido-líquida.
- 2) Adsorción de los reactantes en la superficie del sólido.
- 3) Reacción en la superficie.
- 4) Desorción de los productos de la reacción de la superficie del sólido.
- 5) Difusión de estos productos de la interfase sólido-líquido a la solución.

CAPÍTULO VI

CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra correspondiente al mineral de oro se ha estudiado mediante el microcopio de luz polarizada por el método de reflexión. Para ello previamente se ha confeccionado la sección pulida y sobre la base de ésta se han determinado sus respectivos integrantes mineralógicos; es decir, se hizo la caracterización y a partir de ésta se procedió a ejecutar el análisis modal. Los resultados de los diferentes pasos se encuentran especificados a continuación.

La composición de la muestra según difracción de rayos x es la que se indica en la tabla N° 7.

Tabla N° 7

COMPÓSICION DE LA MUESTRA		
MINERAL	FÓRMULA	%
Cuarzo	SiO ₂	91.74
Ortoclasa	(K,Ba,Na) (Si, Al) ₄ O ₈	3.84
Algirita	NaFeSi ₂ O ₆	0.88
Lepidocrosita	FeO(OH)	0.81
Muscovita	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	0.67
Pirita	FeS ₂	0.61
Hematita	Fe ₂ O ₃	0.57
Eucryptita	LiAlSiO ₄	0.51
Cloromagnesita	MgCl ₂	0.37

* Estudio en la EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM

6.1 MINERALOGÍA DE LA MUESTRA +200 MALLAS

La caracterización mineralógica de esta muestra, indica todos los minerales observados mediante el microscopio de luz polarizada. Algunos minerales no han intervenido en el análisis modal debido a que están en el orden de trazas. Los minerales observados se aprecian en la tabla N° 8.

Tabla N° 8

MINERALES	FÓRMULA	ABREVIATURAS
Esfalerita	ZnS	ef
Calcopirita	CuFeS ₂	cp
Pirita	FeS ₂	py
Pirrotita	Fe ₇ S ₈	po
Marcasita	FeS ₂	mc
Arsenopirita	FeAsS	apy
Goethita	FeO.OH	gt
Calcosita	CuS	cc
Tetraedrita	Cu ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	td
Gangas		GGs

* Estudio en la EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM

TIPOS DE ENTRELAZAMIENTOS DE LOS MINERALES Y SUS
POSIBILIDADES DE LIBERACIÓN COMPLETA
MUESTRA: + 200 MALLAS

Tabla N° 9

MINERALES ENTRELAZADOS	TIPO ENTR.	NUM. PART.	DIST. PORC.	POSIBILIDADES DE LIBERACIÓN COMPLETA
		656	93.31	
py-GGs	1al	1	0.14	Fácil
	1all	1	0.14	Fácil
	1bII	1	0.14	Moderadamente fácil
	1dII	5	0.71	Imposible
	1el	19	2.70	Muy difícil a imposible
	1ell	9	1.28	Muy difícil a imposible
mc-GGs	1bII	2	0.28	Moderadamente fácil
	4cl	1	0.14	Muy difícil a imposible
rt-GGs	1al	1	0.14	Fácil
gt-GGs	1al	2	0.28	Fácil
	1aIII	4	0.57	Fácil
py-rt-GGs	1bII	1	0.14	Moderadamente fácil
TOTAL		703	100.00	

* Estudio en la EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM

Mineral Aurífero

En esta muestra no se han observado minerales auríferos.

Minerales Argentíferos

No se han observado minerales de plata.

Minerales Ferríferos

Como minerales ferríferos están la pirita, arsenopirita, Pirrotita, goetita y la marcasita

Minerales Cupríferos

Como mineral de cobre está la calcopirita, calcosita. y tetraedrita

Minerales Zincíferos

Como mineral de zinc está la esfalerita.

Otros Minerales

En este grupo se encuentran las gangas (dentro de éstas están los silicatos y carbonatos).

6.1.1) DISTRIBUCIÓN VOLUMÉTRICA

La distribución volumétrica realizada en esta muestra se ha hecho sobre la base de los minerales que han intervenido en el análisis modal, tal como se indican en la tabla N° 10.

Tabla N° 10

MINERALES	VOLUMEN PORCENTUAL
Esfalerita	0,30
Pirita	4,60
Pirrotita	0,44
Marcasita	0,19
Arsenopirita	5,81
Goethita	8,42
Gangas	80,25
TOTAL	100,00

* Estudio en la EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM

6.1.2) GRADOS DE LIBERACIÓN

Los grados de liberación que exhiben los minerales que han intervenido en el análisis modal de la muestra, nos indican las diferentes dificultades que han encontrado durante la etapa de la molienda. Dichos grados son proporcionados en porcentajes y se indican en la tabla N° 11.

Tabla N° 11

MINERALES	GRADOS DE LIBERACIÓN PORCENTUAL
Esfalerita	100
Pirita	99,65
Pirrotita	100
Marcasita	76,92
Arsenopirita	94,15
Goethita	96,46
Gangas	98,29

* Fuente EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM

6.1.3) INTERPRETACIÓN DE LOS GRADOS DE LIBERACIÓN

De acuerdo a las tablas N° 10 y 11 que se exhibe arriba, la interpretación de los grados de liberación es como sigue:

La esfalerita ocupa 0,30% del volumen total de la muestra. De este volumen el 100% se halla libre, indicándose que no se observa partículas entrelazadas dentro del proceso de análisis modal.

La pirita ocupa el 4,60% del volumen total de la muestra. De este volumen, el 99,65% se halla libre, mientras que el 0,35% restante se encuentra aún entrelazado. El motivo de su no liberación total lo constituyen los diferentes tipos geométricos de entrelazamientos entre los cuales están inmersos. Todo ello se puede apreciar en la tabla N° 9.

La pirrotita ocupa el 0,44 % del volumen total de la muestra. De este volumen el 100% se halla libre, lo que indica que la totalidad de las partículas están libres, por tanto su grado de liberación es de 100%.

La marcasita ocupa el 0,19 % del volumen total de la muestra. De este volumen, el 76,92% se halla libre; mientras que el 23,08 % restante se encuentra aún entrelazado. El motivo de su no liberación total son los diferentes tipos geométricos de entrelazamientos entre los cuales están inmersos. Véase la tabla N° 9.

La arsenopirita ocupa el 5.81 % del volumen total de la muestra. De este volumen, el 94.15% se halla libre, mientras que el 5.85 % restante se encuentra aún entrelazado. El motivo de su no liberación total está dado los diferentes tipos geométricos de entrelazamientos entre los cuales se hallan inmersos. Véase la tabla N° 9.

La goethita ocupa el 8,42% del volumen total de la muestra. De este volumen, el 96,46 % se halla libre, mientras que el 3,54% restante se encuentra aún entrelazado. El motivo de su no liberación total está dado por los diferentes tipos geométricos de entrelazamientos entre los cuales están inmersos. Véase la tabla N° 9.

Las gangas ocupan el 80,25% del volumen total de la muestra. De este volumen, el 98,29% se halla libre, mientras que el 1,71% restante se encuentra aún entrelazado. El motivo de su no liberación total esta dado por los diferentes tipos geométricos de entrelazamientos los cuales están inmersos. Véase la tabla N° 9.

FIGURAS DE MUESTRA: +200 MALLAS

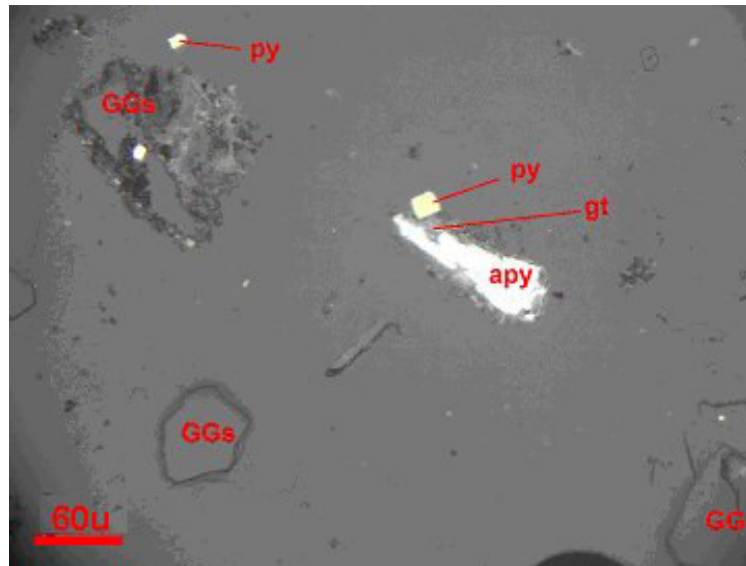


Figura N° 8

En la figura N° 8 se observa partículas libres de pirita (py), de gangas(GGS). Y partícula entrelazada de Arsenopirita (apy) y goetita (gt). Magnificación: 500X

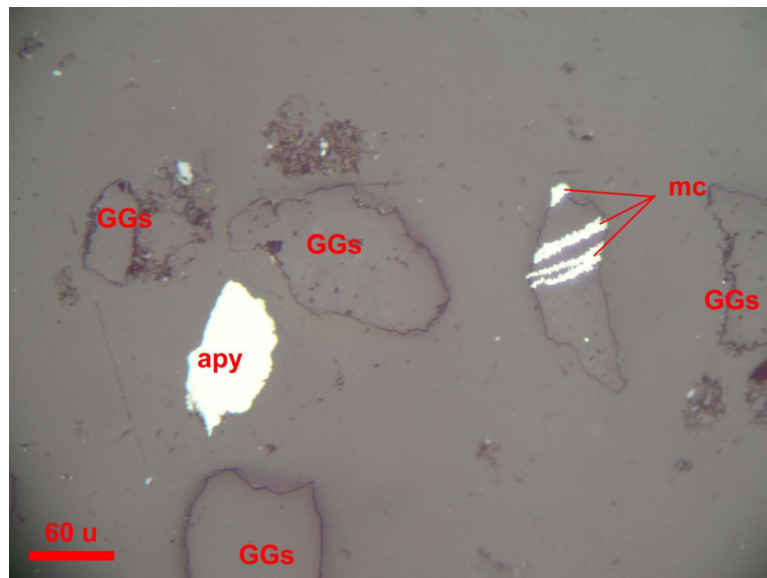


Figura N° 9

En la figura N° 9 se observa partículas libres de arsenopirita (apy) y de gangas(GGS). Partícula entrelazada de marcasita(mc) y gangas(GGS) Magnificación: 500X

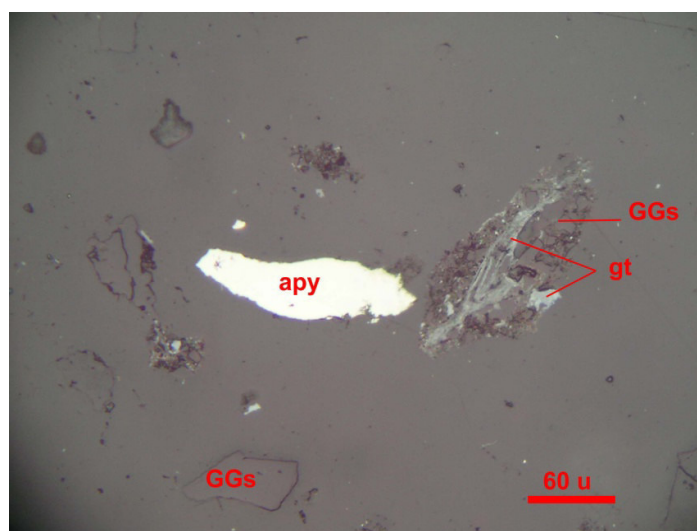


Figura N° 10

En la figura N° 10 se observa partículas libres de arsenopirita (apy) y de gangas(GGS). Partícula entrelazada de goetita(gt) y gangas(GGS). Magnificación: 500X

6.2) MINERALOGÍA DE MUESTRA: -200 MALLAS

La caracterización mineralógica de esta muestra indica todos los minerales que han sido observados mediante el microscopio de luz polarizada, como lo indica la tabla N° 12 (algunos minerales no intervienen debido a que están en el orden de trazas).

Tabla N° 12

MINERALES	FÓRMULA	ABREVIATURAS
Proustita	Ag_3AsS_3	prs
Esfalerita	ZnS	ef
Calcopirita	CuFeS_2	cp
Pirita	FeS_2	py
Pirrotita	Fe_7S_8	po
Marcasita	FeS_2	mc
Arsenopirita	FeAsS	apy
Goethita	FeO.OH	gt
Calcosita	CuS	cc
Tetraedrita	$\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$	td
Gangas		GGs

* Estudio en la EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM

Minerales Auríferos

En esta muestra no se han observado minerales auríferos.

Minerales Argentíferos

Se ha observado mineral de plata la cual es la proustita.

Minerales Ferríferos

Como minerales ferríferos están la pirita, arsenopirita, Pirrotita, goetita y la marcasita

Minerales Cupríferos

Como mineral de cobre está la calcopirita, calcosita. y tetraedrita

Minerales Zincíferos

Como mineral de zinc está la esfalerita.

Otros Minerales

En este grupo se encuentran las gangas (dentro de éstas están los silicatos y carbonatos).

TIPOS DE ENTRELAZAMIENTOS DE LOS MINERALES Y SUS

POSIBILIDADES DE LIBERACIÓN COMPLETA

MUESTRA: - 200 MALLAS

Tabla N° 13

MINERALES ENTRELAZADOS	TIPO ENTR.	NUM. PART.	DIST. PORC.	POSIBILIDADES DE LIBERACIÓN COMPLETA
Partículas Libres		993	99.60	
py-GGs	1aI	2	0.20	Fácil
	1eI	2	0.20	Muy difícil a imposible
T O T A L		997	100.00	

* Estudio en la EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM

6.2.1) DISTRIBUCIÓN VOLUMÈTRICA

La distribución volumétrica realizada en esta muestra se establece sobre la base de los minerales que han intervenido en el análisis modal como se indica en la tabla N° 14.

Tabla N° 14

MINERALES	VOLUMEN PORCENTUAL
Esfalerita	0,69
calcopirita	0,02
Pirita	3,25
Marcasita	1,84
Arsenopirita	9,63
Goethita	35,48
Calcosita	0,21
Gangas	48,87
TOTAL	100.00

* Estudio en la EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM

6.2.2) GRADOS DE LIBERACIÓN

Los grados de liberación que exhiben los minerales que han intervenido en el análisis modal de la muestra, nos indican las diferentes dificultades que han encontrado durante la etapa de la molienda. Los grados de liberación son proporcionados en porcentajes y se indican en la tabla N° 15.

Tabla N° 15

MINERALES	GRADOS DE LIBERACIÓN PORCENTUAL
Esfalerita	100
Calcopirita	0
Pirita	99,29
Marcasita	100
Arsenopirita	95,69
Goethita	100
Calcosita	0
Gangas	99,01

* Estudio en la EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM

6.2.3) INTERPRETACIÓN DE LOS GRADOS DE LIBERACIÓN

Según las tablas 14 y 15 exhibidas arriba, la interpretación de los grados de liberación es como sigue:

La esfalerita ocupa 0,69% del volumen total de la muestra. De este volumen, el 100% se halla libre, sin evidenciar partículas entrelazadas dentro del proceso de análisis modal.

La calcopirita ocupa el 0,02% del volumen total de la muestra. De este volumen el 100% restante se encuentra entrelazado. El motivo de su no liberación total está dado por los diferentes tipos geométricos de entrelazamientos entre los cuales están inmersos. Véase la tabla N° 13.

La pirita ocupa el 3,25% del volumen total de la muestra. De este volumen, el 99,29% se halla libre, mientras que el 0,71% restante se encuentra aún entrelazado. El motivo de su no liberación total está dado por los diferentes tipos geométricos de entrelazamientos entre los cuales están inmersos. Véase la tabla N° 13.

La marcasita ocupa el 1,84 % del volumen total de la muestra, de este volumen el 100% se halla libre, lo que indica que la totalidad de las partículas están libres, por tanto su grado de liberación es de 100%.

La arsenopirita ocupa el 9,63 % del volumen total de la muestra. De este volumen el 95,69% se halla libre, mientras que el 4,31 % restante se encuentra aún entrelazado. El motivo de su no liberación total está dado por los diferentes tipos geométricos de entrelazamientos entre los cuales están inmersos. Véase la tabla N° 13.

La goethita ocupa el 35,48% del volumen total de la muestra. De este volumen el 100% se halla libre, lo que indica que la totalidad de las partículas están libres, por tanto su grado de liberación es de 100%.

La calcosita ocupa el 0,21% del volumen total de la muestra. De este volumen el 100% se encuentra aún entrelazado. El motivo de su no liberación total está dado por los diferentes tipos geométricos de entrelazamientos entre los cuales están inmersos. Véase la tabla N° 13.

Las gangas ocupan el 48,87% del volumen total de la muestra. De este volumen, el 99,01% se halla libre, mientras que el 0,99% restante se encuentra aún entrelazado. El motivo de su no liberación total está dado por los diferentes tipos geométricos de entrelazamientos entre los cuales están inmersos. Véase la tabla N° 13.

FIGURAS DE LA MUESTRA: -200 MALLAS

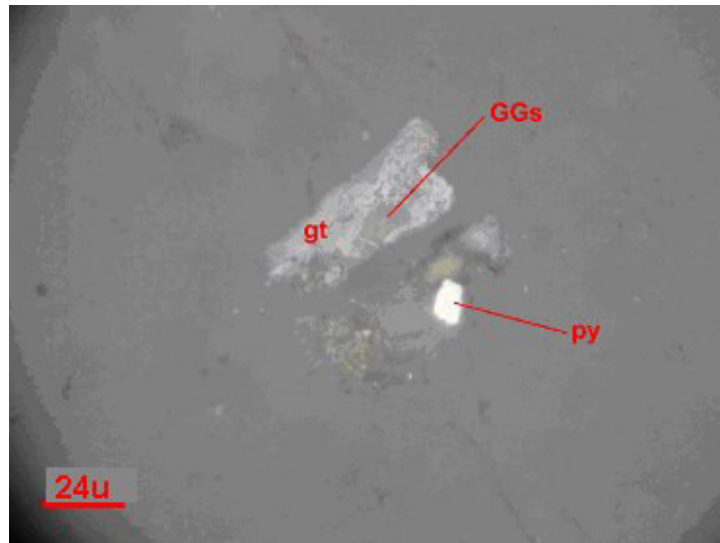


Figura N° 11

En la Figura N° 11 se observan las partículas libres de pirita (py) y de gangas(GGS).
Partícula entrelazada de goetita (gt) y gangas(GGS) Magnificación: 500X

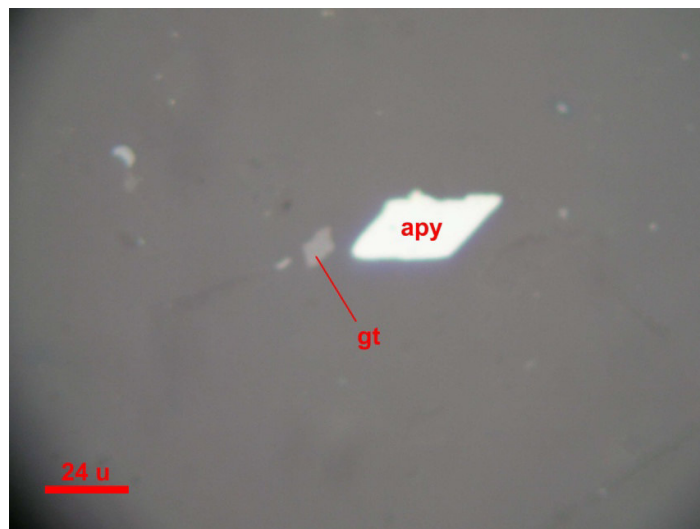


Figura N° 12

En la figura N° 12 se observa partículas libres de arsenopirita (apy) y de goetita(gt).
Magnificación: 500X

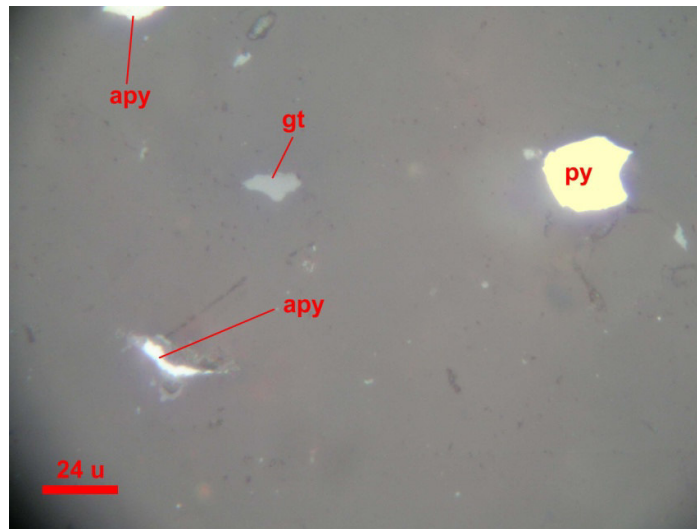


Figura N° 13

En la figura N° 13 se observan partículas libres de arsenopirita (apy), pirita(py) y goetita (gt). Magnificación: 500X

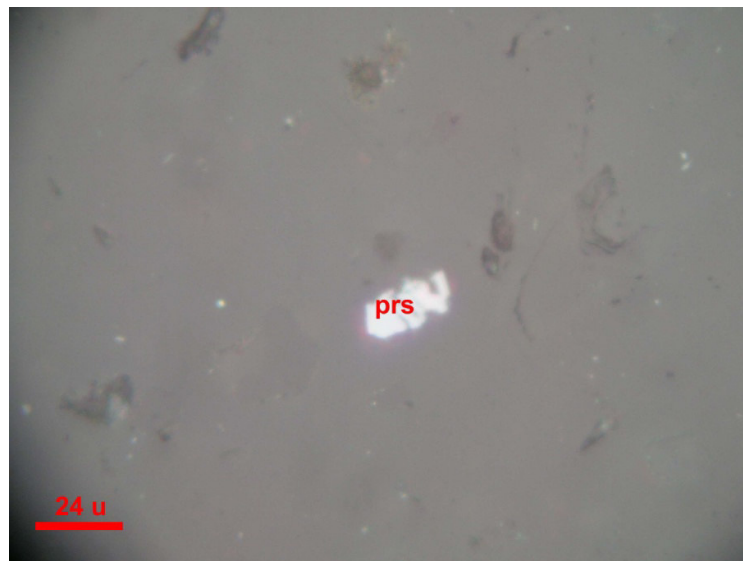


Figura N° 14

En la figura N° 14 se observa una partícula libre de proustita(prs) en nicols paralelos. Magnificación: 500X

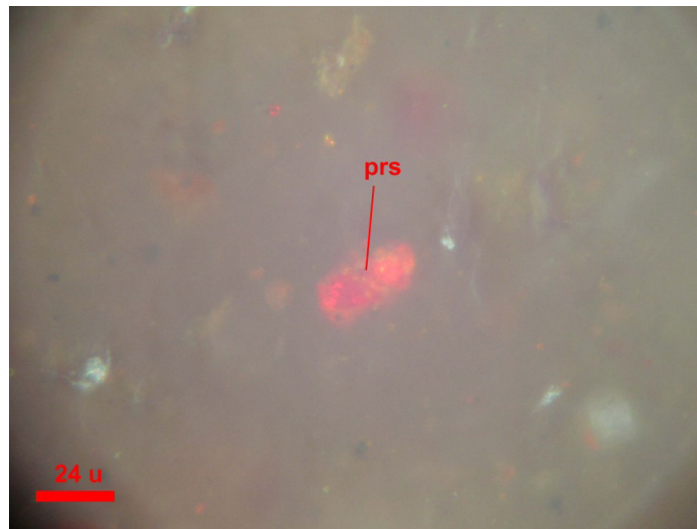


Figura N° 15

En la figura N° 15 se observa una partícula libre de proustita(prs) en nicoles cruzados.
Magnificación: 500X

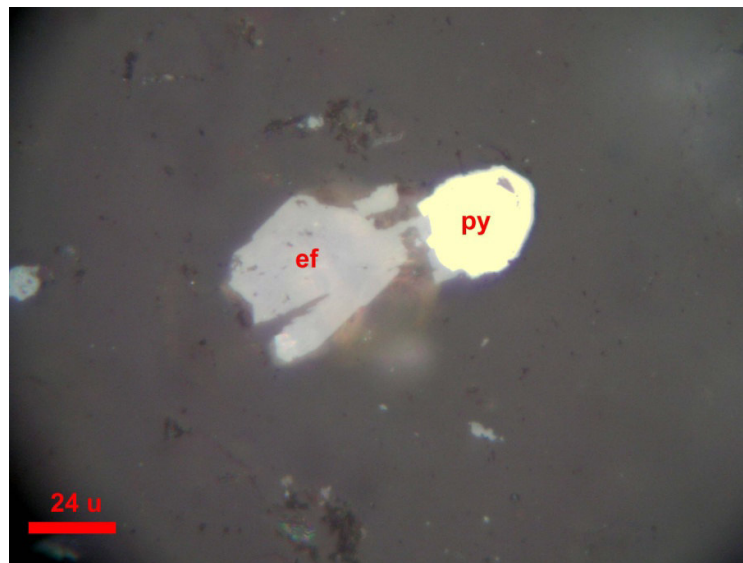


Figura N° 16

En la figura N° 16 se observa una partícula entrelazada de esfalerita(ef) con pirita(py).
Magnificación: 500X

CAPÍTULO VII

PRUEBAS METALÚRGICAS

El mineral problema corresponde a la mina Koricolqui SAC, ubicada en la provincia de Otuzco, departamento de la Libertad. El ensaye químico de la muestra de mineral de cabeza analizado se indica en la tabla N° 16.

Tabla N° 16

Au (gr./Tm)	Ag (oz./Tc)	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As	% Sb
6.61	11.22	0.13	0.12	0.08	6.83	0.26	2.0

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Según informes preliminares y pruebas realizadas a nivel industrial, aplicando el método de concentración por flotación convencional a este tipo de mineral, se ha observado que se logra obtener un recuperación de alrededor del 50%.

Frente a este problema se plantea mejorar la recuperación de oro y su calidad mediante variadas pruebas a fin de comparar diversos procedimientos y optar por la más conveniente.

7.1) PRIMERA PRUEBA CONVENCIONAL DE FLOTACIÓN

En esta etapa se procedió a realizar una prueba de flotación del mineral, para ver su respuesta a este método de concentración y para poder observar que en realidad este mineral en estudio no es satisfactorio por este método de concentración pues se obtienen recuperaciones muy bajas y gran parte del oro se pierde en el relave. Al realizar esta prueba nuestra finalidad es poder compararla con los otros procesos que vamos a realizar. (Ver Diagrama de flujo en Anexo 3 fig. N° 1)

Debemos resaltar que se realizará el balance metalúrgico tanto en forma global como en forma unitaria para poder indicar qué es lo que ocurre tanto en la etapa Rougher como en la etapa de cleaner.

Etapas de Molienda:

El mineral fue preparado a una granulometría de 100% pasante la malla número100. Para ello se redujo en su tamaño por medio de etapas sucesivas de chancado primario y secundario. Después, en su ingreso al molino de bolas, se le preparó a una dilución de 2/1, dándole un tiempo de molienda de 20 minutos, lo que dio una granulometría de 55% -200 mallas para su posterior etapa de flotación.

Etapas de Flotación:

Se realizó una prueba Rougher seguida de su etapa de limpieza. A continuación se presenta en la tabla N° 17 el consumo de reactivos empleados durante la prueba de flotación; en la tabla N° 18 se presenta el balance metalúrgico global y en la tabla N° 19 se presenta el balance metalúrgico unitario.

Tabla N° 17**CONSUMO DE REACTIVOS Y CONDICIONES DE OPERACIÓN**

Granulometría 55% -200 mallas

Condiciones:

Etapas	REACTIVOS ADICIONADOS gr/TM				Tiempo minutos		pH
	Z - 11	Cytec Rag 3	Cytec 3418 A	Esp. 76-A	Acond	Flot	
Rougher	150	20	22	12	5	15	7,8
Cleaner	30	5	5	8	2	5	8,2

Tabla N° 18

BALANCE METALÚRGICO GLOBAL - LABORATORIO E.A.P. ING. METALÚRGICA

PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	Au	Ag
Conc.Cleaner	23,13	2,313	150,22	239,86	3,47	5,55	56,85	44,71
Medios	94,86	9,486	15,71	47,51	1,49	4,51	24,38	36,32
Relave Rougher	882,01	88,201	1,3	2,67	1,15	2,35	18,76	18,98
Cabeza Calculada	1000	100	6,11	12,41	6,11	12,41	100	100
Cabeza Ensayada			6,61	11,22	% RECUPERACIÓN		56,85	44,71

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla N° 19

LABORATORIO E.A.P. ING. METALÚRGICA
BALANCE METALÚRGICO UNITARIO- PRUEBA DE FLOTACIÓN

ETAPA CLEANER								
PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	% Au	% Ag
Conc. Cleaner	23,13	19,60	150,22	239,86	3,475	5,548	69,98	55,18
Medios	94,86	80,40	15,71	47,51	1,490	4,507	30,02	44,82
Cabeza Calculada	117,99	100	42,078	85,217	4,965	10,055	100	100
Cabeza Ensayada			42,078	85,217	RECUPERACIÓN		69,98	55,18
ETAPA ROUGHER								
PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	% Au	% Ag
Conc. Rougher	117,99	11,80	42,08	85,22	4,965	10,055	81,24	81,02
Relave Rougher	882,01	88,20	1,3	2,67	1,147	2,355	18,76	18,98
Cabeza Calculada	1000	100	6,11	12,41	6,111	12,410	100,00	100,00
Cabeza Ensayada			6,61	11,22	RECUPERACIÓN		81,24	81,02

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

7.2) PRIMERA PRUEBA DE CONCENTRACIÓN CENTRÍFUGA FALCON

Etapas de Molienda:

El mineral fue preparado a una granulometría de 100% -10 mallas. Para ello se redujo en su tamaño por medio de etapas de chancado primario y secundario de manera similar que en la etapa anterior. Después, en su ingreso al molino de bolas, se preparó a una dilución de 2/1, dándole un tiempo de molienda de 20 minutos lo que dio una granulometría de 55% -200 mallas. Pero en esta etapa se realizaron 5 moliendas, es decir, se emplearon 5Kg de mineral para tener cantidad suficiente de muestra que es lo requerido para la etapa posterior con el concentrador centrífugo Falcon como proceso de preconcentración.

Etapas de Concentración Centrífuga Falcon:

Aquí, la pulpa producida por la etapa de molienda, es descargada en un pequeño tanque que tiene una agitación constante con lo cual evita el asentamiento de las partículas. Esto es muy importante porque el equipo Falcón requiere una alimentación de pulpa constante para una buena operación.

A continuación se indica en la tabla N° 20 las condiciones de operación realizadas en el equipo Falcon y en la tabla N° 21 se presenta el balance metalúrgico de la prueba realizada.

Tabla N° 20

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Granulometría 55% -200 mallas

Condiciones:

Etapas	Dilución	Densidad de pulpa	Presión de Agua	Gravedad	Autopac	pH
Falcon	2/1	1350	2.5 PSI	200 G	68 Hz	7,5

Tabla N° 21

LABORATORIO TECSUP
BALANCE METALÚRGICO - CONCENTRADOR FALCON

	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	% Au	% Ag
Concentrado	168,89	3,38	63,68	79,38	10,75	13,41	42,68	30,08
Relave	4831,11	96,62	2,99	6,45	14,45	31,16	57,32	69,92
Cabeza Calculada	5000	100	5,04	8,91	25,20	44,57	100	100
Cabeza Ensayada			6,61	11,22	RECUPERACIÓN		42,68	30,08
					RATIO CONCENTRACIÓN		29,61	

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

7.2.1) PRUEBA DE FLOTACIÓN DEL RELAVE FALCON:

Se realiza la flotación del relave Falcon que consiste en una prueba Rougher seguida por su etapa de limpieza. La finalidad de esto es elevar la recuperación global del proceso y observar los resultados empleando al concentrador centrífugo Falcon como método de preconcentración. (Ver Diagrama de flujo global en Anexo 3 fig. N° 2)

Se presenta a continuación en la tabla N° 22 los consumos de reactivos y las condiciones de operación para la prueba de flotación; así como el balance metalúrgico global que se indica en la tabla N° 23 y su balance metalúrgico unitario como se indica en la tabla N° 24.

Tabla N° 22

CONSUMO DE REACTIVOS Y CONDICIONES DE OPERACIÓN

Condiciones:

Etapa	REACTIVOS ADICIONADOS gr/TM				Tiempo minutos		pH
	Z - 11	Cytec Rag 3	Cytec 3418 A	Esp. 76-A	Acond	Flot	
Rougher	80	10	10	12	5	15	7,8
Cleaner	10	3	3	8	2	5	8,2

Tabla N° 23

LABORATORIO E.A.P. ING. METALÚRGICA
BALANCE METALÚRGICO GLOBAL - FLOTACIÓN DE RELAVE FALCON

PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	Au	Ag
Conc.Cleaner	20,8	2,08	38,29	135,25	0,80	2,81	24,57	28,19
Medios	167,12	16,712	5,4	27,05	0,90	4,52	27,84	45,29
Relave Rougher	812,08	81,208	1,9	3,26	1,54	2,65	47,60	26,52
Cabeza Calculada	1000	100	3,24	9,98	3,24	9,98	100	100
Cabeza Ensayada			2,99	6,45	% RECUPERACIÓN		24,57	28,19

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla N° 24

LABORATORIO E.A.P. ING. METALÚRGICA
BALANCE METALÚRGICO UNITARIO - FLOTACIÓN DEL RELAVE FALCON

ETAPA CLEANER								
PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	% Au	% Ag
Conc.Cleaner	20,8	11,07	38,29	135,25	0,80	2,81	46,88	38,36
Medios	167,12	88,93	5,4	27,05	0,90	4,52	53,12	61,64
Cabeza Calculada	187,92	100	9,04	39,03	1,70	7,33	100	100
Cabeza Ensayada			9,04	39,03	RECUPERACIÓN		46,88	38,36
ETAPA ROUGHER								
PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	% Au	% Ag
Conc. Rougher	187,92	18,79	9,04	39,03	1,70	7,33	52,40	73,48
Relave Rougher	812,08	81,21	1,9	3,26	1,54	2,65	47,60	26,52
Cabeza Calculada	1000	100	3,24	9,98	3,24	9,98	100,00	100,00
Cabeza Ensayada			2,99	6,45	RECUPERACIÓN		52,40	73,48

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

7.3) SEGUNDA PRUEBA CONVENCIONAL DE FLOTACIÓN:

En esta etapa se procedió a realizar una segunda prueba de flotación del mineral, para ver la respuesta a este método de concentración empleando un mayor tiempo de molienda para poder aumentar la recuperación en oro y plata, así como las leyes de los concentrados que no fueron satisfactorios en la prueba de flotación anterior. Al realizar esta prueba nuestra finalidad es poder compararla con la prueba de flotación realizada anteriormente. (Ver Diagrama de flujo en Anexo 3 fig. N° 3)

Debemos resaltar que el balance metalúrgico se realiza tanto en forma global como en forma unitaria para poder observar qué es lo que ocurre tanto en la etapa Rougher y en la etapa de Cleaner.

Etapas de Molienda:

En esta etapa el mineral fue preparado a una granulometría de 100% -10 mallas. Para ello, cual se redujo su tamaño por medio de etapas de chancado, y después, en su ingreso al molino de bolas, se preparó a una dilución de 2/1, dándole en este caso un tiempo de molienda de 30 minutos. Esto último dio una granulometría de 66% -200 mallas para su posterior etapa de flotación.

Etapas de Flotación:

Se realizó una prueba Rougher seguida de su etapa de limpieza, manteniéndose los mismos parámetros que la primera prueba convencional de flotación realizada a 20 minutos de molienda. Así se pudo observar los resultados obtenidos con mayor liberación del mineral.

Enseguida se presenta en la tabla N° 25 los consumos de reactivos y las condiciones de operación; el balance metalúrgico global se indica en la tabla N° 26 y el balance metalúrgico unitario, en la tabla N° 27.

Tabla N° 25

CONSUMO DE REACTIVOS Y CONDICIONES DE OPERACIÓN

Granulometría 66% -200 mallas

Condiciones:

Etapas	REACTIVOS ADICIONADOS gr/TM				Tiempo minutos		pH
	Z - 11	Cytec Rag 3	Cytec 3418 A	Esp. 76-A	Acond	Flot	
Rougher	150	20	22	12	5	15	7,8
Cleaner	30	5	5	8	2	5	8,2

Tabla N° 26

BALANCE METALÚRGICO GLOBAL - LABORATORIO E.A.P. ING. METALÚRGICA

PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	Au	Ag
Conc. Cleaner	27,45	2,745	158,32	241,54	4,35	6,63	62,63	49,36
Medios	119,61	11,961	13,48	42,68	1,61	5,10	23,24	38,00
Relave Rougher	852,94	85,294	1,15	1,99	0,98	1,70	14,14	12,64
Cabeza Calculada	1000	100	6,94	13,43	6,94	13,43	100	100
Cabeza Ensayada			6,61	11,22	% RECUPERACIÓN		62,63	49,36

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla N° 27

**LABORATORIO E.A.P. ING. METALÚRGICA U.N.M.S.M.
BALANCE METALÚRGICO UNITARIO- PRUEBA DE FLOTACIÓN**

ETAPA CLEANER								
PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	% Au	% Ag
Conc. Cleaner	27,45	18,67	158,32	241,54	4,346	6,630	72,94	56,50
Medios	119,61	81,33	13,48	42,68	1,612	5,105	27,06	43,50
Cabeza Calculada	147,06	100	40,516	79,799	5,958	11,735	100	100
Cabeza Ensayada			40,516	79,799	% RECUPERACIÓN		72,94	56,50
ETAPA ROUGHER								
PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	% Au	% Ag
Conc. Rougher	147,06	14,71	40,52	79,80	5,958	11,735	85,86	87,36
Relave Rougher	852,94	85,29	1,15	1,99	0,981	1,697	14,14	12,64
Cabeza Calculada	1000	100	6,94	13,43	6,939	13,433	100,00	100,00
Cabeza Ensayada			6,61	11,22	% RECUPERACIÓN		85,86	87,36

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

7.4) SEGUNDA PRUEBA DE CONCENTRACIÓN CENTRÍFUGA FALCON

Etapas de Molienda:

El mineral fue preparado igual que para el proceso anterior de molienda, a una granulometría de 100% -10 mallas. Para ello, se redujo en su tamaño por medio de etapas de chancado primario y secundario. Después, en su ingreso al molino de bolas, se preparó a una dilución de 2/1, dándole un tiempo de molienda de 30 minutos que resultó una granulometría de 66% -200 mallas. De igual manera se realizaron 5 moliendas, es decir, se emplearon 5Kg de mineral para tener cantidad suficiente de muestra que es lo requerido para la etapa posterior con el concentrador Falcon como proceso de preconcentración.

Etapas de Concentración Centrífuga Falcón:

En esta etapa de preconcentración toda la pulpa producida en la etapa de molienda es descargada en un pequeño tanque que tiene una agitación constante con la cual evita el asentamiento de las partículas.

A continuación se presenta en la tabla N° 28 las condiciones de operación durante la prueba con el equipo Falcon, y en la tabla N° 29 se indica el balance metalúrgico del proceso.

Tabla N° 28

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Granulometría 66% - 200 mallas

Condiciones:

Etapas	Dilución	Densidad de pulpa	Presión	Gravedad	Autopac	pH
Falcon	2/1	1350	3 PSI	200 G	64 Hz	7,6

Tabla N° 29

**LABORATORIO FUTURA TECH
BALANCE METALÚRGICO - CONCENTRADOR FALCON**

	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	% Au	% Ag
Concentrado	163,65	3,27	119,5	57,42	19,56	9,40	64,87	16,42
Relave	4836,35	96,73	2,19	9,89	10,59	47,83	35,13	83,58
Cabeza Calculada	5000	100	6,03	11,45	30,15	57,23	100	100
Cabeza Ensayada			6,61	11,22	% RECUPERACIÓN		64,87	16,42
					RATIO CONCENTRACION		30,55	

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

7.4.1) PRUEBA DE FLOTACIÓN DEL RELAVE FALCON:

Se realiza una prueba de flotación del relave Falcón que consiste en una prueba Rougher seguida de su etapa de limpieza. Esto es con la finalidad de elevar la recuperación global del proceso y observar los resultados empleando al concentrador Falcon como método de preconcentración. Cabe señalar que en esta prueba de flotación se mantuvo los mismos parámetros de operación y dosificación de reactivos que la prueba de flotación estándar inicial. (Ver Diagrama de flujo global en Anexo 3 fig. N° 4)

Se indica en la tabla N° 30 las condiciones de operación y dosificación de reactivos empleados para la prueba de flotación. En la tabla N° 31 se señala el balance metalúrgico global y en la N° 32 el balance metalúrgico unitario.

Tabla N° 30

CONSUMO DE REACTIVOS Y CONDICIONES DE OPERACIÓN

Condiciones:

Etapa	REACTIVOS ADICIONADOS gr/TM				Tiempo minutos		pH
	Z - 11	Cytec Rag 3	Cytec 3418 A	Esp. 76-A	Acond	Flot	
Rougher	80	10	10	12	5	15	7,8
Cleaner	10	3	3	8	2	5	8,2

Tabla N° 31

LABORATORIO E.A.P. ING. METALÚRGICA
BALANCE METALÚRGICO GLOBAL - FLOTACIÓN DE RELAVE FALCON

PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	Au	Ag
Conc. Cleaner	20,58	2,058	42,64	172,66	0,88	3,55	27,82	38,60
Medios	208,79	20,879	4,26	17,66	0,89	3,69	28,20	40,05
Relave Rougher	770,63	77,063	1,8	2,55	1,39	1,97	43,98	21,35
Cabeza Calculada	1000	100	3,15	9,21	3,15	9,21	100	100
Cabeza Ensayada			2,99	6,45	% RECUPERACIÓN		27,82	38,60

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla N° 32

LABORATORIO E.A.P. ING. METALÚRGICA
BALANCE METALÚRGICO - FLOTACIÓN DEL RELAVE FALCON

ETAPA CLEANER								
PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	% Au	% Ag
Conc. Cleaner	20,58	8,97	42,64	172,66	0,88	3,55	49,66	49,08
Medios	208,79	91,03	4,26	17,66	0,89	3,69	50,34	50,92
Cabeza Calculada	229,37	100	7,704	31,567	1,77	7,24	100	100
Cabeza Ensayada			7,704	31,567	% RECUPERACIÓN		49,66	49,08
ETAPA ROUGHER								
PRODUCTO	Gr.	% PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACION	
			Au (gr/Tm)	Ag (oz/Tm)	Au (mgr)	Ag (moz)	% Au	% Ag
Conc. Rougher	229,37	22,94	7,70	31,57	1,77	7,24	56,02	78,65
Relave	770,63	77,06	1,8	2,55	1,39	1,97	43,98	21,35
Cabeza Calculada	1000	100	3,15	9,21	3,15	9,21	100,00	100,00
Cabeza Ensayada			2,19	9,89	% RECUPERACIÓN		56,02	78,65

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

7.5) PRUEBAS DE CIANURACIÓN

Se procedió a realizar pruebas de cianuración en botella del mineral de cabeza, sin preconcentración a diferentes tiempos (12, 18, 24, 30 y 36 horas) cuyos balances metalúrgicos se observa en las tablas N° 34, N° 35, N° 36, N° 37 y N° 38 respectivamente. (Ver Diagrama de flujo en Anexo 3 fig. N° 5)

Estas pruebas de cianuración se realizaron para comparar los resultados obtenidos con las pruebas anteriormente realizadas de flotación y concentración Falcon – Flotación del relave Falcon. Así se pudo observar la respuesta del mineral en los diferentes procesos y optar así por un camino adecuado.

Etapas de Molienda

Se le da al mineral 20 minutos de molienda a una dilución de 2/1, que da una granulometría de 55% -200 mallas. Esto se realizó durante la etapa posterior de cianuración en botella donde se observan los resultados para compararlos con las pruebas anteriormente realizadas. En la tabla N° 33 se indican los consumos de reactivos tanto para el cianuro como para la cal y las condiciones de operación.

Tabla N° 33

CONSUMO DE REACTIVOS Y CONDICIONES DE OPERACIÓN

Granulometría: 55% -200 mallas

Condiciones:

Etapas	REACTIVOS ADICIONADOS Kg/TM		Dilución	Tiempo (hr.)	pH
	NaCN (Kg/TM)	Cal (Kg/TM)		Cianuración	
Test 1	1,2	19,13	2/1	12	11,86
Test 2	1,5	19,18	2/1	18	11,92
Test 3	1,7	19,22	2/1	24	11,96
Test 4	1,8	19,26	2/1	30	11,98
Test 5	1,9	19,36	2/1	36	12,04

Tabla N° 34

BALANCE METALÚRGICO DE CIANURACIÓN EN BOTELLA - TEST 1

PRODUCTO	PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
		Au (mgr./Lt.)	Ag (mgr./Lt.)	Au (mgr.)	Ag (moz.)	Au	Ag
		(gr./TM.)	(oz./TM.)				
Soluc. Rica (mlt.)	600	1,67	63,84	1,00	1,35	62,55	39,03
Relave (gr.)	300	2,00	7,02	0,60	2,11	37,45	60,97
Cabeza Calculada	300	5,34	11,51	1,60	3,45	100	100
Cabeza Ensayada		6,61	11,22	% RECUPERACIÓN		62,55	39,03

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla N° 35

BALANCE METALÚRGICO DE CIANURACIÓN EN BOTELLA - TEST 2

PRODUCTO	PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
		Au (mgr./Lt.)	Ag (mgr./Lt.)			Au	Ag
		(gr./TM.)	(oz./TM.)	Au (mgr.)	Ag (moz.)		
Soluc. Rica (mlt.)	600	1,81	75,32	1,09	1,59	67,92	43,45
Relave (gr.)	300	1,71	6,9	0,51	2,07	32,08	56,55
Cabeza Calculada	300	5,33	12,20	1,60	3,66	100	100
Cabeza Ensayada		6,61	11,22	% RECUPERACIÓN		67,92	43,45

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla N° 36

BALANCE METALÚRGICO DE CIANURACIÓN EN BOTELLA - TEST 3

PRODUCTO	PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
		Au (mgr./Lt.)	Ag (mgr./Lt.)				
		(gr./TM.)	(oz./TM.)	Au (mgr.)	Ag (moz.)	Au	Ag
Soluc. Rica (mlt.)	600	2,63	78,23	1,58	1,65	76,45	44,46
Relave (gr.)	300	1,62	6,88	0,49	2,06	23,55	55,54
Cabeza Calculada	300	6,88	12,39	2,06	3,72	100	100
Cabeza Ensayada		6,61	11,22	%RECUPERACIÓN		76,45	44,46

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla N° 37

BALANCE METALÚRGICO DE CIANURACIÓN EN BOTELLA - TEST 4

PRODUCTO	PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
		Au (mgr./Lt.)	Ag (mgr./Lt.)	Au (mgr.)	Ag (moz.)	Au	Ag
		(gr./TM.)	(oz./TM.)				
Soluc. Rica (mlt.)	600	2,49	81,16	1,49	1,71	77,33	46,18
Relave (gr.)	300	1,46	6,66	0,44	2,00	22,67	53,82
Cabeza Calculada	300	6,44	12,37	1,93	3,71	100	100
Cabeza Ensayada		6,61	11,22	%RECUPERACIÓN		77,33	46,18

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla N° 38

BALANCE METALÚRGICO DE CIANURACIÓN EN BOTELLA - TEST 5

PRODUCTO	PESO	LEYES		CONTENIDO FINOS		% RECUPERACIÓN	
		Au (mgr./Lt.)	Ag (mgr./Lt.)			Au	Ag
		(gr./TM.)	(oz./TM.)	Au (mgr.)	Ag (moz.)		
Soluc. Rica (mlt.)	600	2,68	87,07	1,61	1,84	81,21	52,20
Relave (gr.)	300	1,24	5,63	0,37	1,69	18,79	47,80
Cabeza Calculada	300	6,60	11,78	1,98	3,53	100	100
Cabeza Ensayada		6,61	11,22	% RECUPERACIÓN		81,21	52,20

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

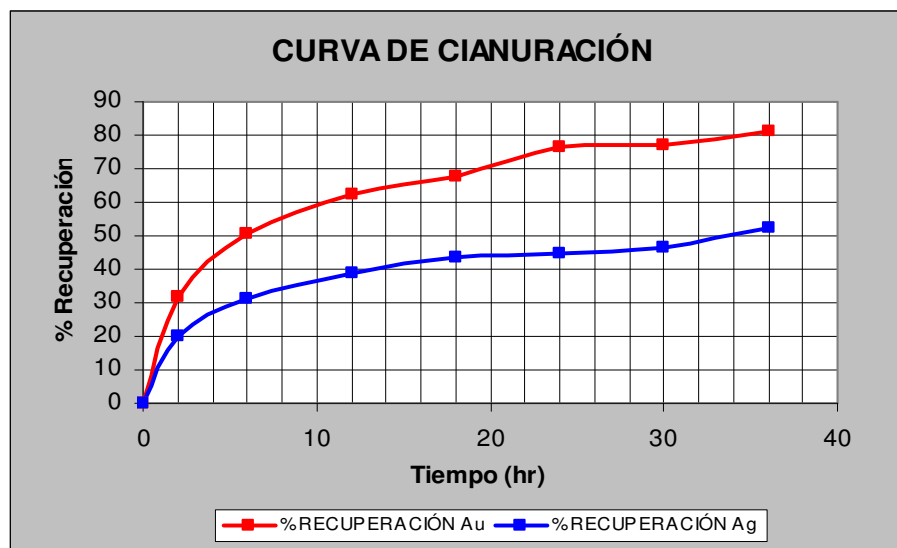
A continuación se indica en la tabla N° 39 un resumen de los resultados obtenidos durante las pruebas de cianuración realizadas a diferentes horas.

Tabla N° 39

TIEMPO hr.	% RECUPERACIÓN Au	% RECUPERACIÓN Ag
12	62,55	39,03
18	67,92	43,45
24	76,45	44,46
30	77,33	46,18
36	81,21	52,20

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PROCESO DE CIANURACIÓN

Figura N° 17



CAPÍTULO VIII

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- La prueba de flotación convencional inicial que se realizó no fue satisfactoria porque se obtuvo recuperaciones globales bajas en oro y plata de 56.85% y 44.71% respectivamente, con una ley de concentrado de Au =150.22 gr./TM y de Ag = 239.86 oz./TM. Debido a esto se opta por realizar un proceso complementario para poder elevar la recuperación de Au y Ag, utilizando el concentrador centrífugo Falcon en una etapa de preconcentración para una posterior etapa de flotación de su relave y observación de los resultados en cuanto a recuperación y grado.

Los cálculos de las recuperaciones unitarias, tanto en la etapa Rougher como en la Cleaner así como sus leyes, se presentan a continuación en la tabla N° 40 de recuperaciones por etapas.

Tabla N° 40

PRUEBA DE FLOTACIÓN CONVENCIONAL INICIAL				
ETAPAS	LEYES		% RECUPERACIÓN	
	Au (gr./TM)	Ag (oz./TM)	Au	Ag
Flotación Rougher	42.08	85.22	81.24	81.02
Flotación Cleaner	150.22	239.86	69.98	55.18

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

En la tabla N° 40 podemos apreciar que las recuperaciones obtenidas en la etapa Rougher se pueden mejorar dándole un mayor tiempo de flotación al mineral. Los grados obtenidos en la etapa Cleaner también pueden mejorarse realizando una segunda limpieza del mineral. En esta etapa del proceso la granulometría con que se trabajó fue de 55% - 200 mallas.

- En la primera prueba realizada del concentrador centrífugo Falcon los resultados que se obtuvieron fueron de una recuperación de Au = 42.68% y una recuperación de Ag = 30.08%, con una ley de concentrado de Au = 63.68 gr. /TM y de Ag = 79.38 oz./TM. Ello demuestra la tendencia de las partículas valiosas a encontrarse finamente diseminadas en la matriz de cuarzo.
- En la prueba de flotación del relave Falcón realizada, se obtuvieron resultados de una recuperación de Au = 24.57% y de Ag = 28.19%, con una ley de concentrado de Au = 38.29 gr./TM y de Ag = 135.25 oz./TM.

Las recuperaciones unitarias tanto en la etapa Rougher como en el Cleaner se presentan en la tabla N° 41 siguiente:

Tabla N° 41

PRUEBA DE FLOTACIÓN CONVENCIONAL INICIAL				
ETAPAS	LEYES		% RECUPERACIÓN	
	Au (gr./TM)	Ag (oz./TM)	Au	Ag
Flotación Rougher	9.04	39.03	52.40	73.48
Flotación Cleaner	38.29	135.25	46.88	38.36

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Para el caso del oro y la plata, con la concentración centrífuga Falcon y la flotación de su relave, se obtiene una recuperación total del proceso de 67.25 % y 58.27% para el oro y plata respectivamente. Al ser cantidades bajas podrían elevarse estas recuperaciones dándole un mayor tiempo de molienda al mineral para poder liberar las especies mineralógicas y mejorar estos resultados.

La granulometría, para la prueba de concentración centrífuga Falcon es de 55% -200 mallas, lo cual parece insuficiente para alcanzar los resultados esperados. Los resultados indican una mejora en la recuperación si lo comparamos con la primera prueba de flotación convencional realizada, aumentando la recuperación de Au y Ag en 8.4% y 13.56% respectivamente. Al ser resultados todavía bajos se procedió a realizar la segunda etapa de pruebas metalúrgicas con una granulometría mas fina.

- La segunda prueba de flotación convencional que se realizó muestra una recuperación de Au = 62.63% y de Ag = 49.36% con una ley de concentrado de Au = 158.32 gr. /TM y de Ag = 241.54 oz. /TM. Tales resultados muestran que se logró incrementar la recuperación de Au y Ag en 5.78% y 4.65% respectivamente, en comparación con la primera prueba de flotación convencional realizada. Esto se produjo debido a que se trabajó a una granulometría más fina (66% -200 mallas) pero sin los resultados esperados. Por ello se procedió a trabajar con el concentrador centrífugo Falcon como etapa de preconcentración. El cálculo de las recuperaciones unitarias tanto en la etapa Rougher como en el Cleaner se presenta en la tabla N° 42.

Tabla N° 42

PRUEBA DE FLOTACIÓN CONVENCIONAL INICIAL				
ETAPAS	LEYES		% RECUPERACIÓN	
	Au (gr./TM)	Ag (oz./TM)	Au	Ag
Flotación Rougher	40.52	79.80	85.86	87.36
Flotación Cleaner	158.32	241.54	72.94	56.50

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

En la tabla N° 42 se puede apreciar que se logra incrementar las recuperaciones y grados en la Rougher y Cleaner respectivamente, en comparación con la primera prueba de flotación convencional.

- En la segunda prueba realizada de concentración centrífuga Falcon, los resultados indican que se obtuvieron una recuperación de Au = 64.87% y una recuperación de Ag = 16.42% con una ley de concentrado de Au = 119.5 gr./TM y de Ag = 57.42 oz./TM. Estos resultados fueron bastante aceptables en cuanto a grado y recuperación para el oro, dado que su recuperación se incrementó en 22.19% en comparación con la primera prueba de concentración centrífuga Falcon. Pero en el caso de la plata se produjo complicaciones debido a que hubo una pérdida en cuanto a recuperación de 13.66%.

- En la etapa de flotación del relave de la segunda prueba de concentración centrífuga Falcón, los resultados del balance metalúrgico global muestran una recuperación de Au = 27.82% y de Ag = 38.60%, con una ley de concentrado de Au = 42.64 gr./TM y de Ag = 172.66 oz./TM.

Las recuperaciones unitarias realizadas tanto en la etapa Rougher como en el Cleaner se presentan en la tabla N° 43.

Tabla N° 43

PRUEBA DE FLOTACIÓN CONVENCIONAL INICIAL				
ETAPAS	LEYES		% RECUPERACIÓN	
	Au (gr./TM)	Ag (oz./TM)	Au	Ag
Flotación Rougher	7.70	31.57	56.02	78.65
Flotación Cleaner	42.64	172.66	49.66	49.08

*Ensayes analizados en la Universidad Nacional de Ingeniería

Para el caso del oro, con la concentración centrífuga Falcon y la flotación de su relave, se obtiene una recuperación total de 92.69 %, la cual es considerada como un resultado satisfactorio, debido a que se logró incrementar en 25.44% la recuperación si lo comparamos con la primera recuperación total de Au obtenida en el proceso anterior (primera prueba de concentración Falcon y Flotación de su relave) que fue de 67.25%.

Para el caso de la plata, con la concentración centrífuga Falcon y la flotación de su relave, se obtiene una recuperación total de 55.02% la cual es baja y evidencia una pérdida en recuperación de 3.25%, en comparación con primera recuperación total de Ag obtenida del proceso anterior (primera prueba de concentración Falcón y Flotación de su relave) que fue de 58.27% Este resultado se debió a que en la segunda prueba de concentración centrífuga Falcon se obtuvo una recuperación de Ag demasiado baja (solo 16.42%).

La granulometría, tanto para concentración centrífuga Falcón y la flotación de su relave, en esta segunda etapa de pruebas metalúrgicas, es de 66% -200 mallas, lo cual parece una liberación óptima.

- Las pruebas de cianuración, se realizaron como proceso alternativo para ver la respuesta de mineral al proceso tradicional de Lixiviación del oro. Se pudo apreciar en la prueba que la cinética de extracción es rápida dentro de las 24 horas para el oro (llegando a 76.45% de recuperación). Para el caso de la plata se obtuvo bajas recuperaciones, inclusive con 36 horas de cianuración el resultado fue de 49.86%. El consumo de cianuro está dentro de los 2 Kg./TM y la cal dentro de los 20 Kg. /TM
- Observamos que en 36 horas de cianuración, se obtuvo una recuperación de 81.21 %, para el Au, lo cual significa que se puede alargar el tiempo de cianuración tal como lo indica la tabla N° 44.

Tabla N° 44

TIEMPO hr.	% RECUPERACIÓN Au	% RECUPERACIÓN Ag
12	62,55	39,03
18	67,92	43,45
24	76,45	44,46
30	77,33	46,18
36	81,21	52,20

En la tabla N° 44, la cinética de cianuración del oro indica que si incrementamos el tiempo de cianuración, la recuperación seguirá incrementándose; por eso que a 36 horas se tiene una recuperación de 81.21%, lo que es bastante aceptable. Sin embargo para la plata las recuperaciones son bajas pues llegan a 52.2%.

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- El estudio de evaluación en la recuperación de Au y Ag, aplicando una etapa de preconcentración al método convencional, permite la optimización de la recuperación del oro, para minerales en una matriz de cuarzo simples donde el oro se encuentra fino, diseminado y libre.
- Realizando una etapa de preconcentración y utilizando el concentrador centrífugo Falcon para este tipo de minerales, seguido de la flotación de su relave a una granulometría de 66% -200 mallas, se logran obtener resultados metalúrgicos satisfactorios en cuanto a recuperación solo para el Au. Así se llegó a una recuperación de 92.69%, pero presentando resultados no óptimos para la Ag, pues se presentaron bajas recuperaciones similares a las obtenidas en el proceso de flotación convencional.
- Se puede apreciar que el tratamiento adecuado para este tipo de minerales en base a la evaluación realizada, requiere de una etapa de preconcentración, mediante el proceso gravimétrico. En esta operación se utilizaron equipos centrífugos falcon para someter su relave a una etapa de flotación y que el proceso logre una recuperación óptima de oro. La explicación es que un porcentaje apreciable de partículas de oro y plata se encuentran en tamaños muy finos.
- Con la cianuración directa para 36 horas de cianuración se obtiene una recuperación de 81.21% para el oro. En cambio, para la plata se obtuvo una recuperación baja pues solo llega a 49.86% tal como lo indica la tabla N° 39.

- Con el proceso de cianuración es posible obtener altas recuperaciones para el caso del oro si se realiza a un tiempo mayor de cianuración que las 36 horas en las cuales se trabajó y si se realiza a una granulometría más fina, ya que estas pruebas se hicieron a 55% -200 mallas. La desventaja como ya es conocido, es el alto riesgo de contaminación directa con cianuro, que ocasionan los relaves o desechos del tratamiento (siempre y cuando no se maneje bien el proceso) al personal de operación, a la flora y la fauna.

RECOMENDACIONES:

- Las pruebas metalúrgicas realizadas se han efectuado en una mínima cantidad de muestra por lo que se recomienda continuar con el estudio con mayor cantidad de mineral a nivel de pilotaje, lo que permitirá confirmar los resultados metalúrgicos obtenidos a nivel de laboratorio.
- Realizar estudios de microscopio electrónico al mineral. Ello con la finalidad de tener una mejor apreciación y saber en qué forma y tamaño se encuentran el oro, la plata y los elementos asociados a ellos, y tener una mejor estudio mineralógico de la muestra, para poder realizar los procesos metalúrgicos adecuados.
- Realizar pruebas adicionales con el concentrador centrífugo Falcon con pequeños cambios en las variables de operación. Para el caso del estudio en particular, elevar la recuperación de la plata sin perjuicio de disminuir la recuperación obtenida para el oro, ello debido a la obtención de recuperaciones muy bajas para este elemento en la concentración gravimétrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fidel Misari Ch. Metalurgia del oro. Lima – Perú .Centros de estudios promoción y centro de la tierra CEPETEC. 1994.
2. Eduardo Diez Canseco. Metalurgia del oro y la plata. Lima – Perú. Editorial UNI. 1978.
3. Wills B.A. Mineral Processing Technology. Biblioteca Central de la UDA 2da Edición. Pergamon Press. 1981.
4. VIII Simposium Internacional del oro. Mundo Minero. Jueves 15 de Mayo del 2008. Edición N° 257 pag. 1.
5. El precio real del oro y Proyectos Auríferos. Mundo Minero. Viernes 18 de Julio del 2008. Edición N° 258 pag. 10 y 36-50.
6. Compañías Mineras Productoras de Oro en el Mundo y Minas Auríferas en el Perú. Mundo Minero. Jueves 15 de Mayo del 2008. Edición N° 257 pag. 70 y 72.
7. James Dana. Manual De Mineralogía de Dana. 19 th Edición. España. Editorial Riverte. Septiembre 1992.
8. Ken Smith. Manual del Falcon Concentrators. Australia. Abril 2005.
9. G. Bergamashi. Oro. España. Editorial Mondadori. Abril 1987
10. Hurtado Huanqui. Oro oculto en el Perú. Lima Perú. Editorial UNAS. Setiembre 2003
11. C. Canepa. La Mineralogía del Oro y su Significación en Metalurgia. Tecsup Lima – Perú..1992.
12. M.Van. Nuevas Aplicaciones de Concentración Centrifuga. VI Simposio Internacional de Mineralurgia. Tecsup – Lima. 2006.

ANEXO 1





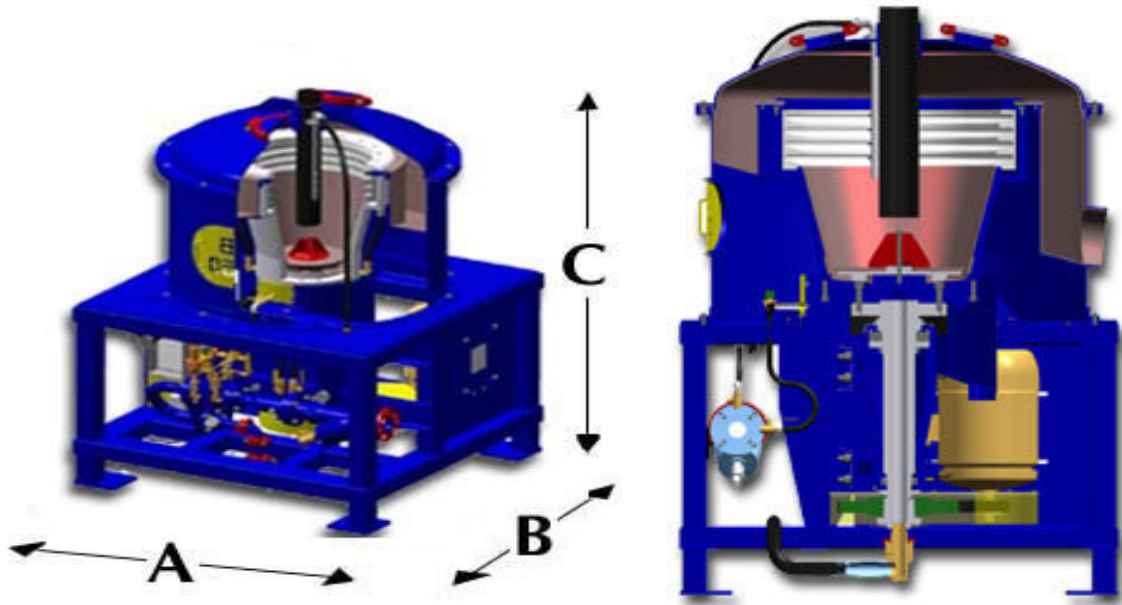






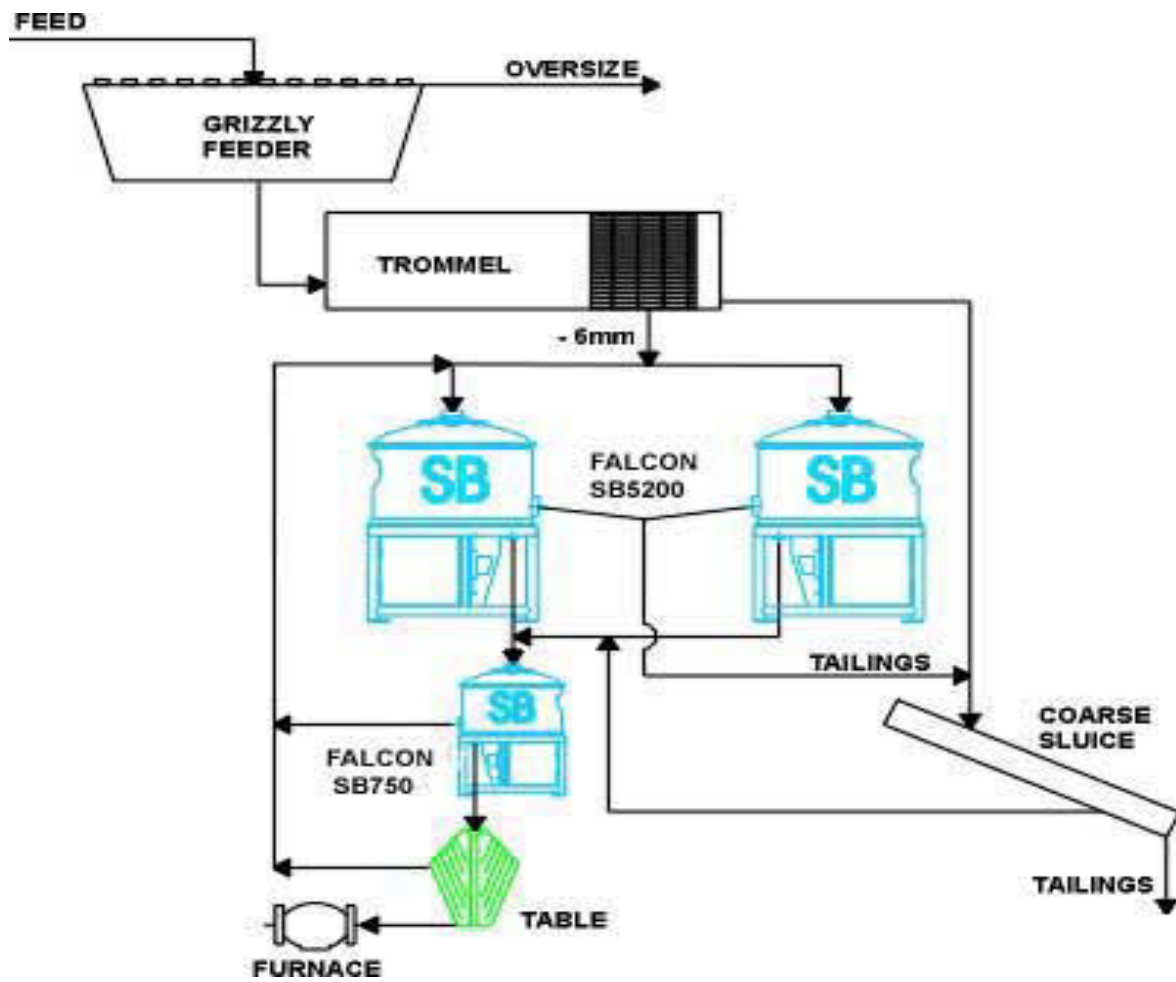
ANEXO 2

SERIE FALCON SB

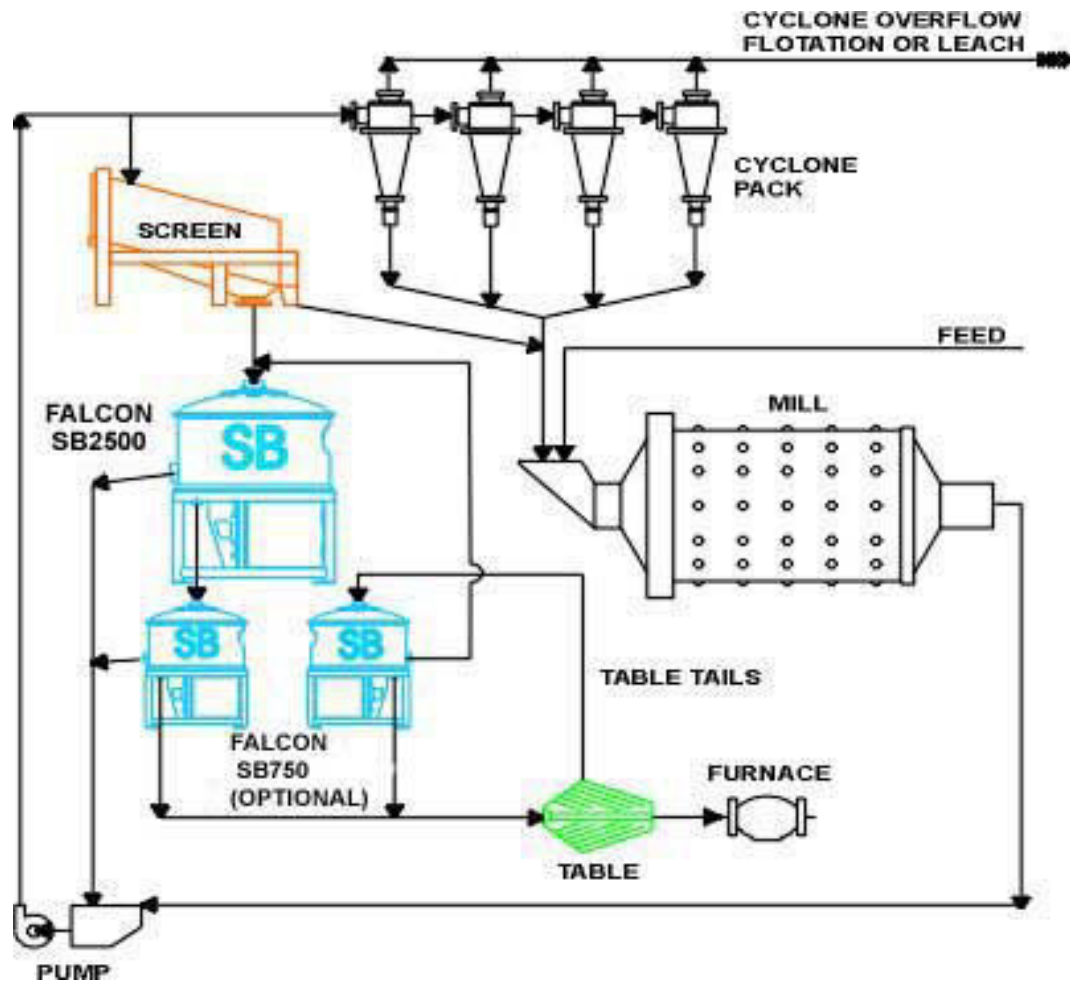


MODEL			L40	SB250	SB750	SB1350	SB2500	SB5200
SOLIDS CAPACITY	US t/h		0.0 - 0.3	1 - 9	6 - 52	26 - 126	46 - 226	116 - 365
	t/h		0 - 0.25	1 - 8	5 - 47	23 - 114	42 - 206	105 - 330
MAX SLURRY CAPACITY	US gpm		10	75	350	625	1250	2400
	l/min		38	285	1325	2365	4730	9085
CONCENTRATING SURFACE AREA	in2		44	265	825	1350	2700	5055
	cm2		285	1710	5320	8710	17445	32615
G-FORCE RANGE	upper		200	200	200	200	200	200
	lower		50	50	50	50	50	50
MACHINE WEIGHT	lb		81	800	2500	5380	9670	20,650
	kg		37	365	1135	2445	4395	9386
MOTOR POWER	hp		0.5	3	10	20	40	75
	kW		0.4	2.2	7.5	15	30	56
PROCESS WATER	US gpm		1 - 5	8 - 12	25 - 40	35 - 65	65 - 105	150 - 180
	m3/h		0.24 - 1.2	1.8 - 2.7	6 - 9	8 - 15	15 - 24	30 - 42
MAXIMUM FEED PARTICLE SIZE	in		0.06	0.1	0.25	0.25	0.25	0.25
	mm		1.5	2.5	6	6	6	6
DIMENSIONS	A	in	19	44	48	61	73	93
		cm	49	112	122	155	185	236
	B	in	12	30	48	61	73	93
		cm	31	76	122	155	185	236
	C	in	20	58	68	88	104	144
		cm	51	150	173	225	265	365

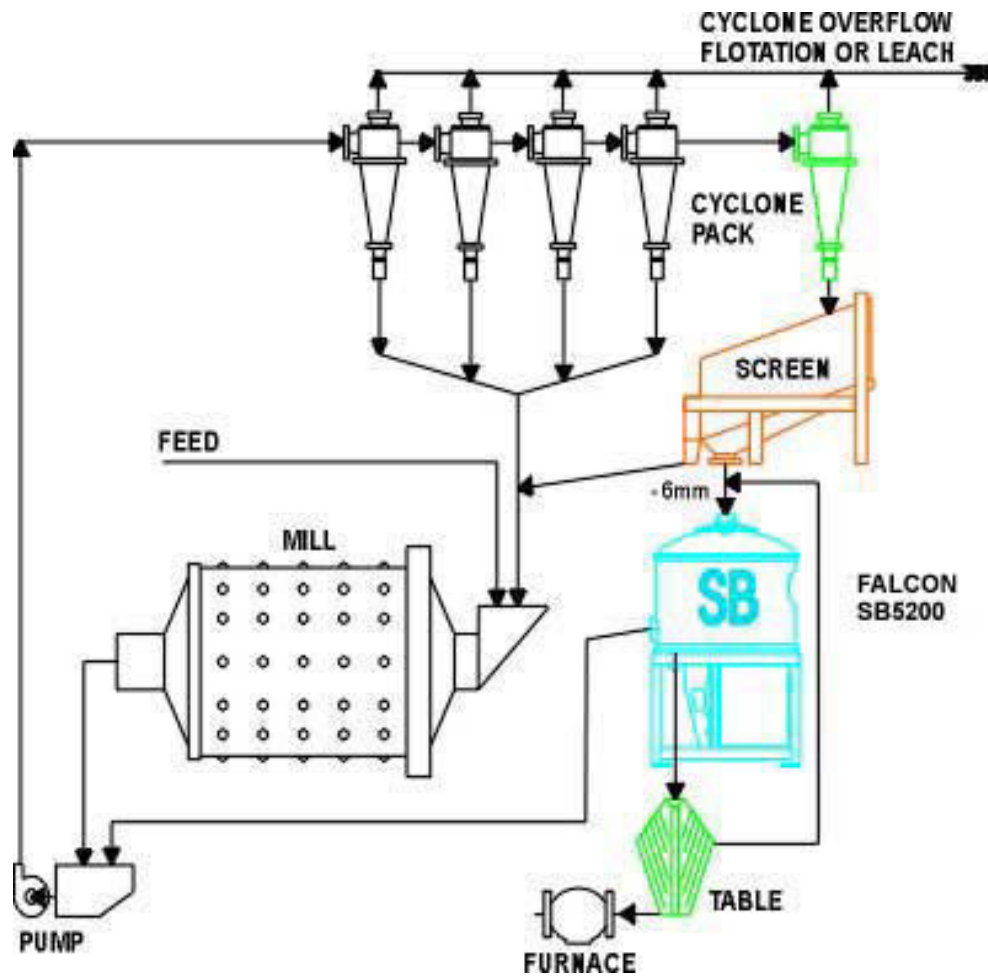
ALLUVIAL GOLD INSTALLATION



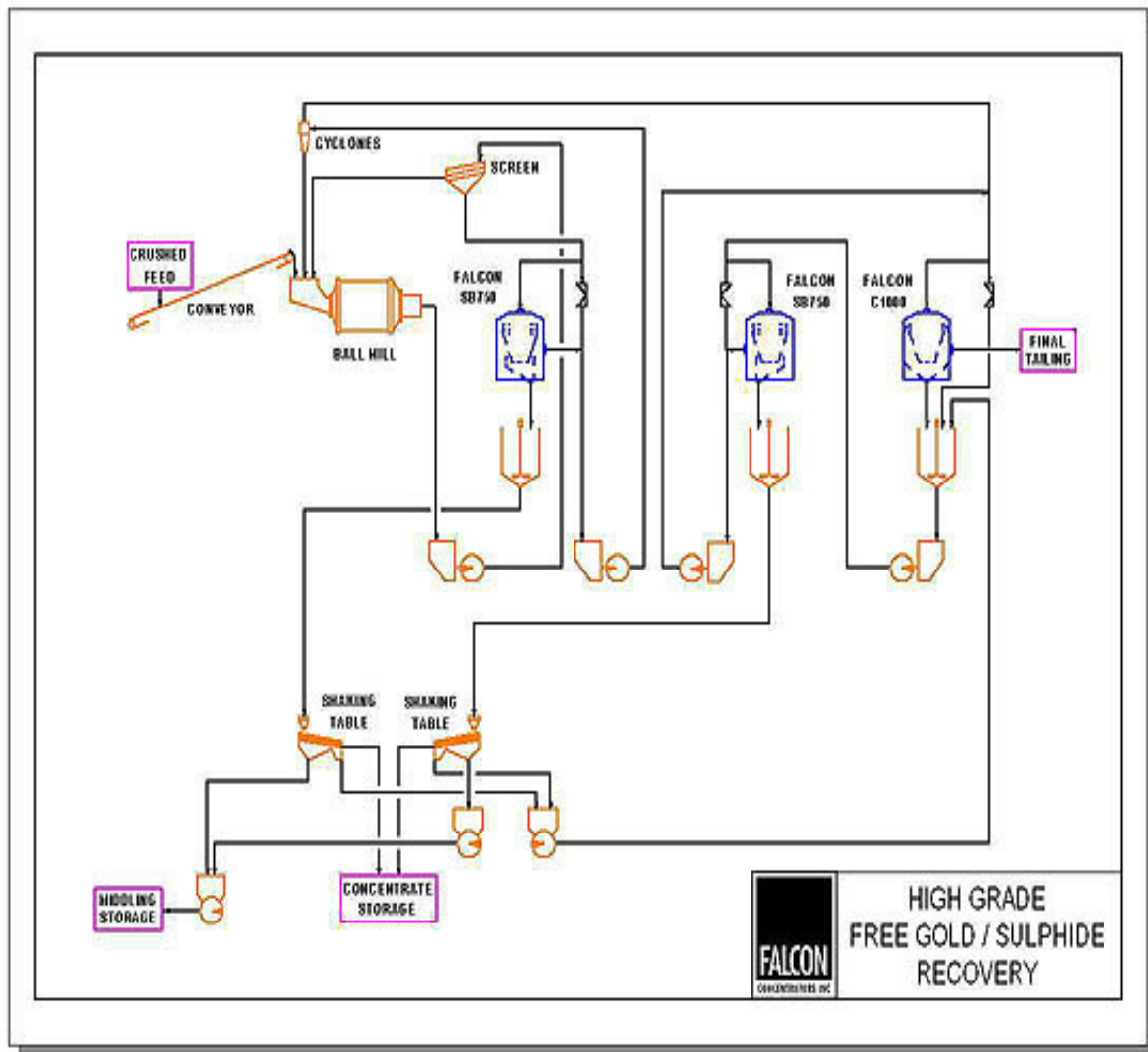
CIRCUITO DE MOLIENDA TRADICIONAL "EL CAMINO FALCON"

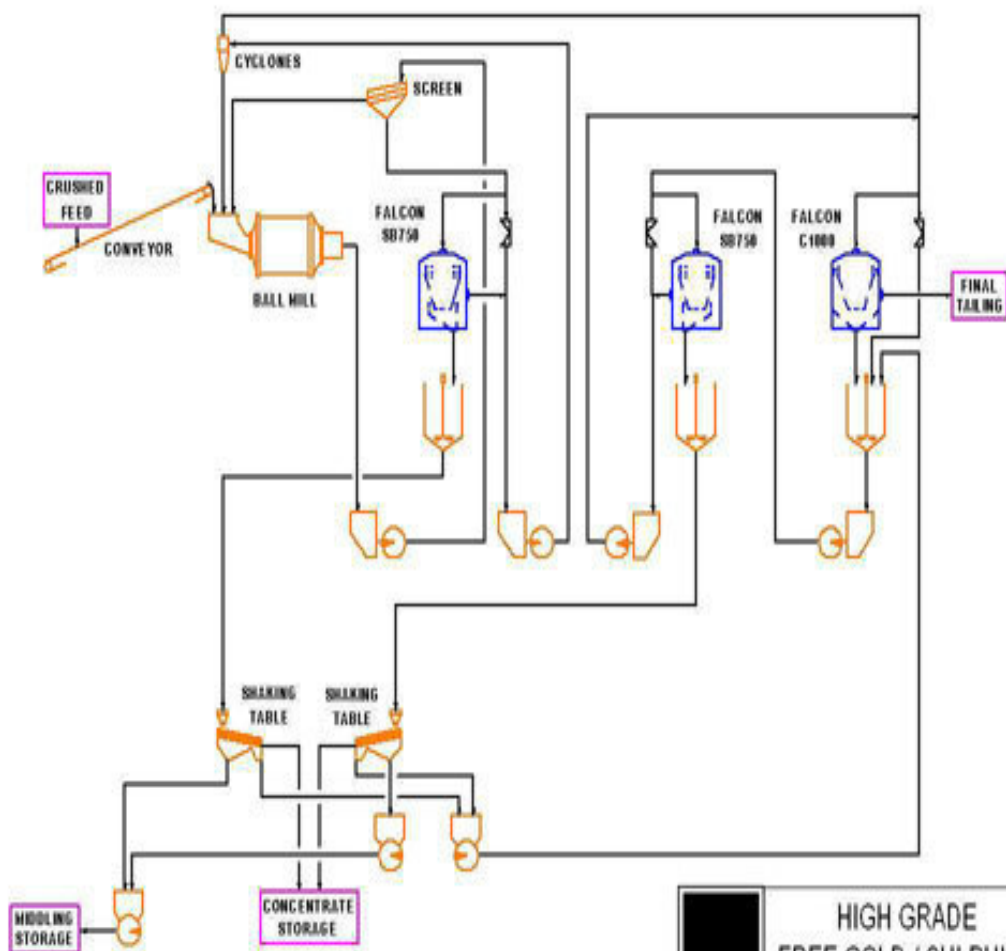


INSTALACIÓN TRADICIONAL EN CICLONES U/F

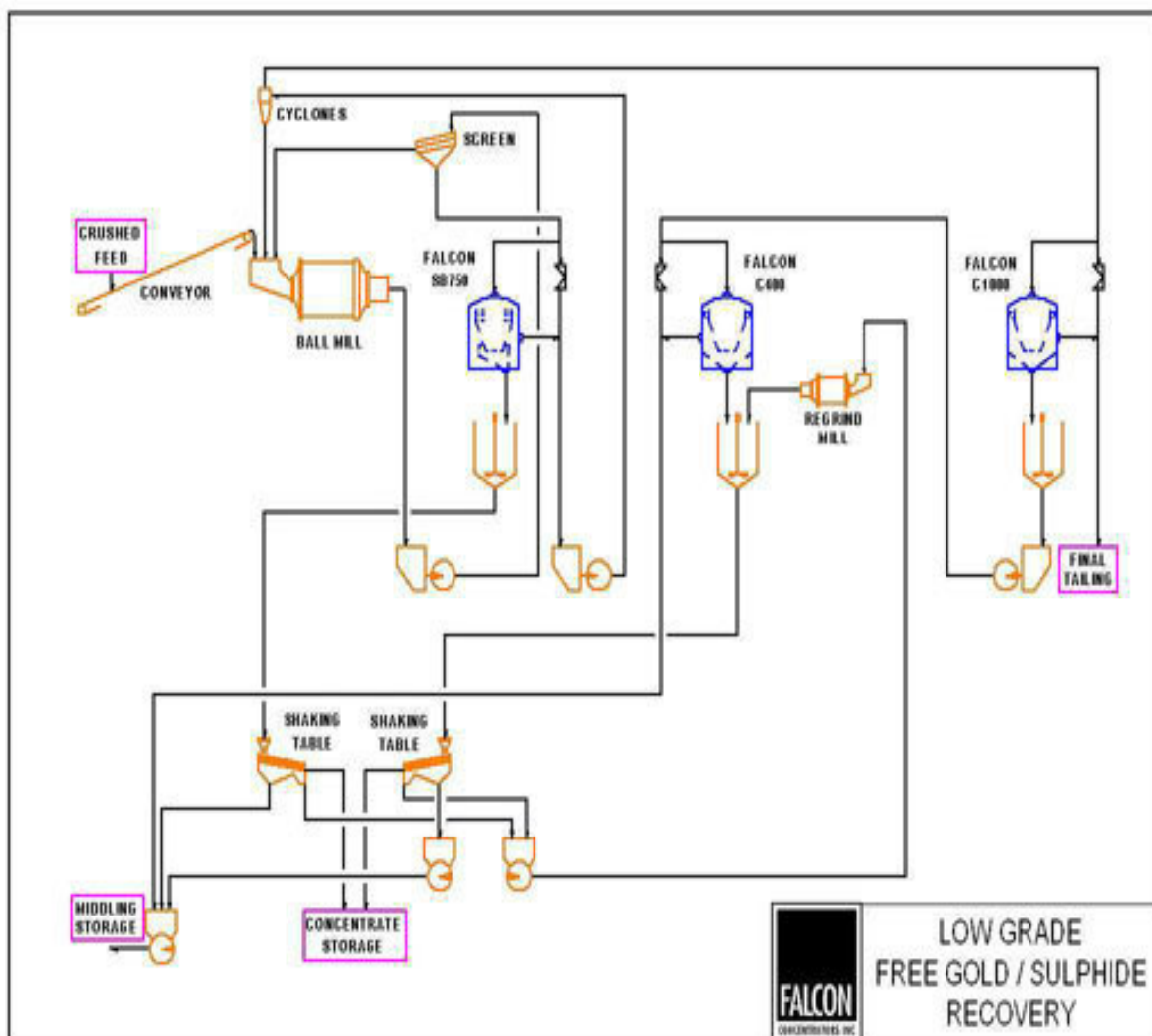


CIRCUITO PARA RECUPERACIÓN DE ORO – Solo gravedad





HIGH GRADE
FREE GOLD / SULPHIDE
RECOVERY



ANEXO 3

PRIMERA PRUEBA DE FLOTACION CONVENCIONAL

DIAGRAMA DE FLUJO

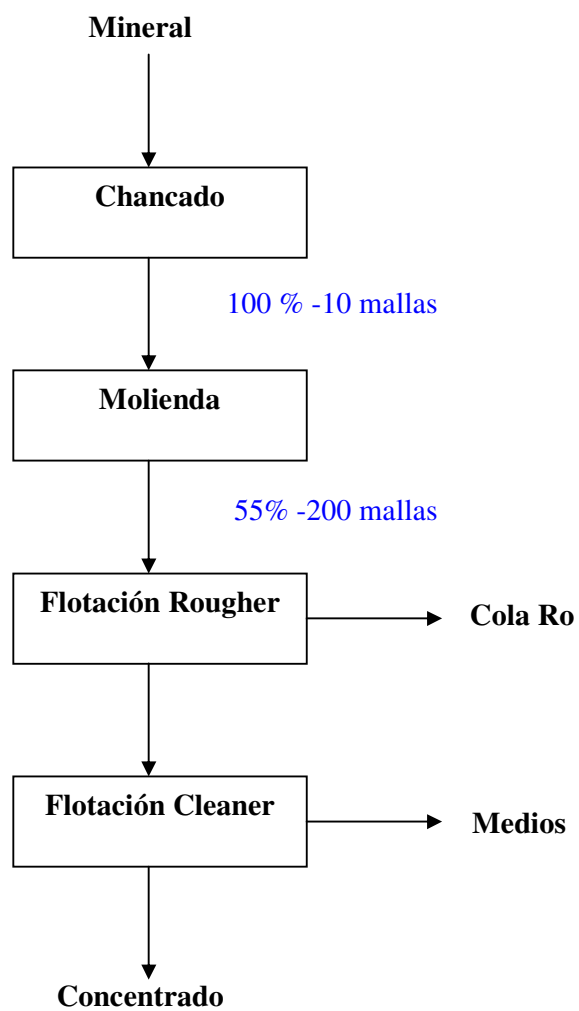


Figura N° 1

**PRIMERA PRUEBA DE CONCENTRACION CENTRIFUGA FALCON +
FLOTACION DE SU RELAVE**

DIAGRAMA DE FLUJO

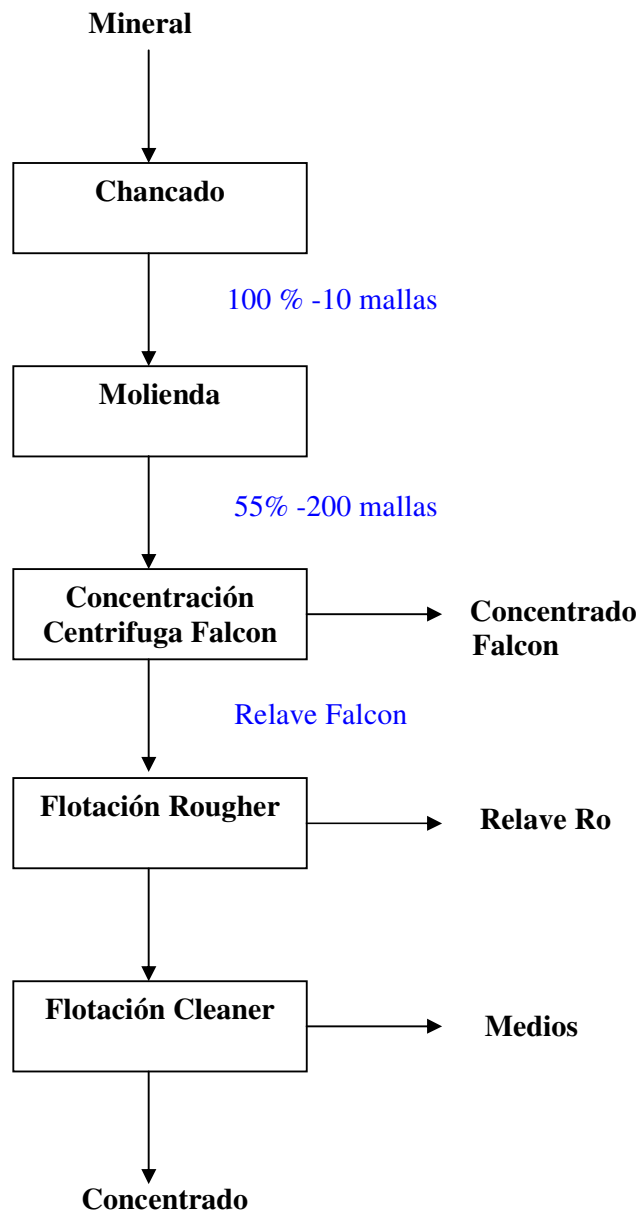


Figura N° 2

SEGUNDA PRUEBA DE FLOTACION CONVENCIONAL

DIAGRAMA DE FLUJO

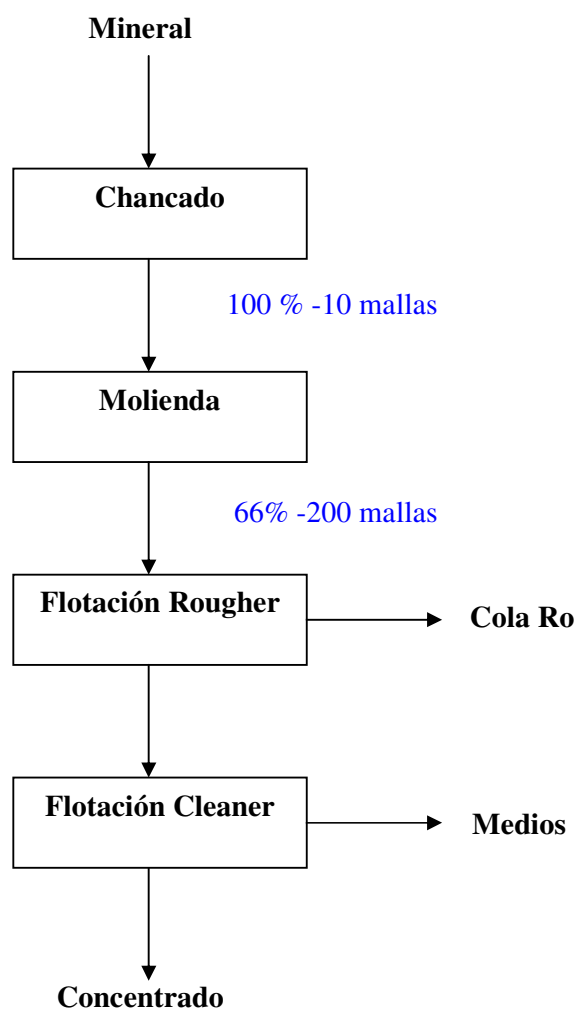


Figura N° 3

**SEGUNDA PRUEBA DE CONCENTRACION CENTRIFUGA FALCON +
FLOTACION DE SU RELAVE**

DIAGRAMA DE FLUJO

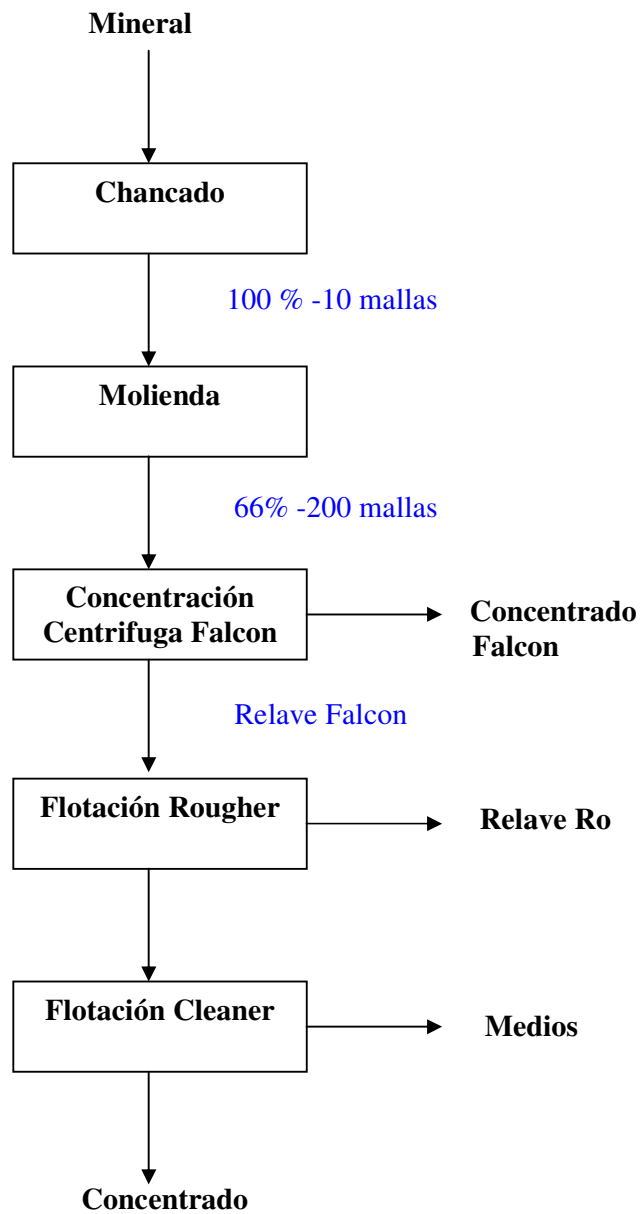


Figura N° 4

PRUEBAS DE CIANURACION

DIAGRAMA DE FLUJO

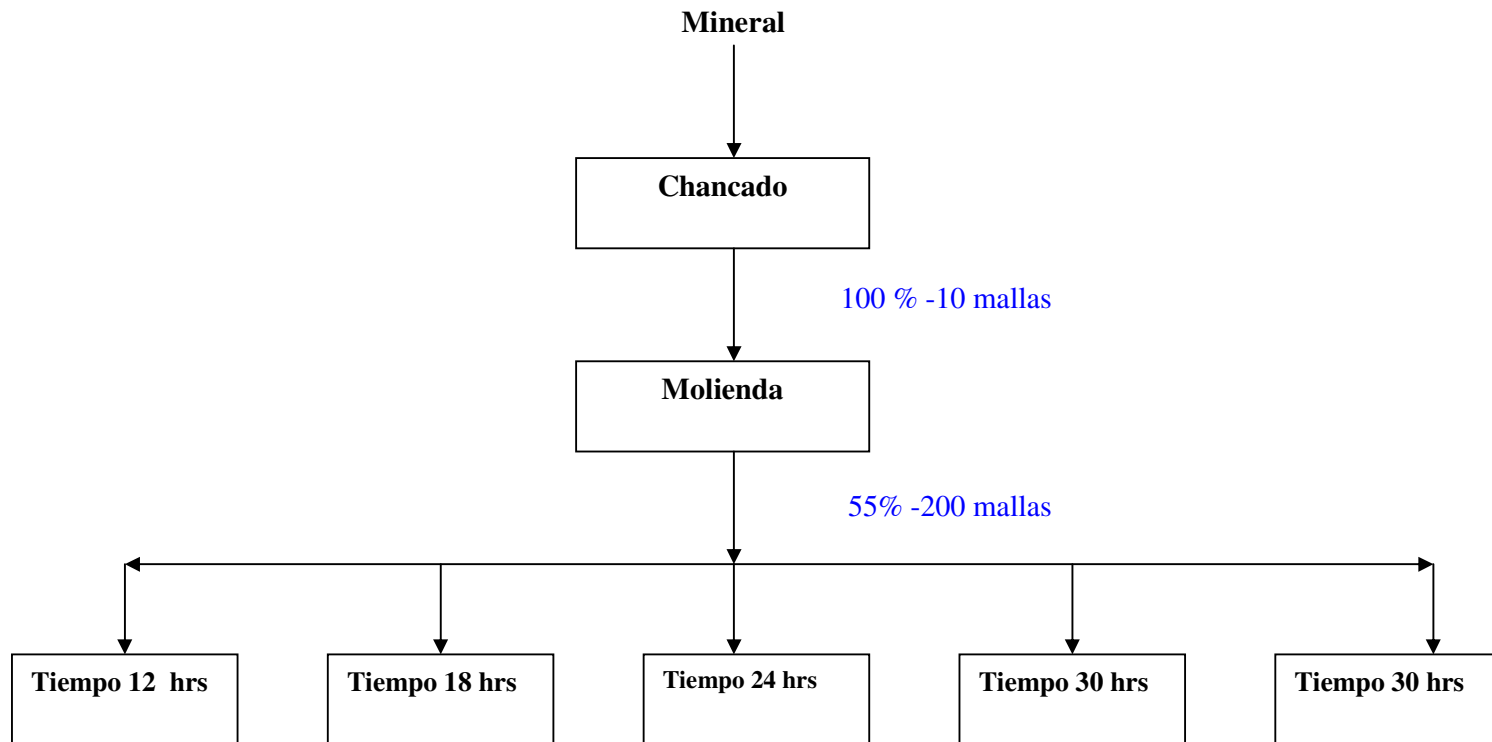


Figura N° 5

ANEXO 4

BASE TOPOGRÁFICA:
AMPLIACIÓN FOTOGRÁFICA DE LA CARTA NACIONAL, 1:200.000
LEVANTADO POR EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, 1960

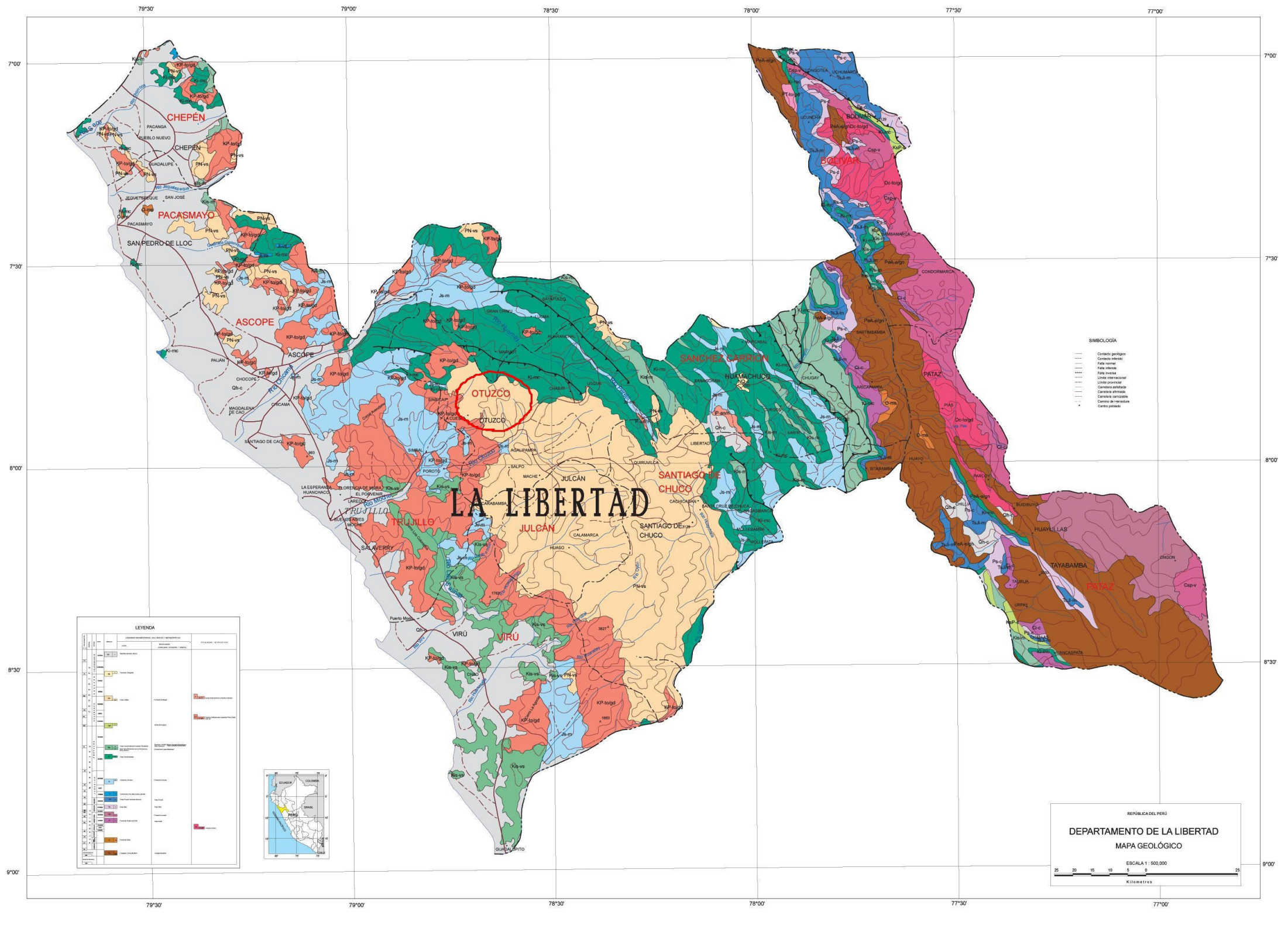
SÍMBOLOS

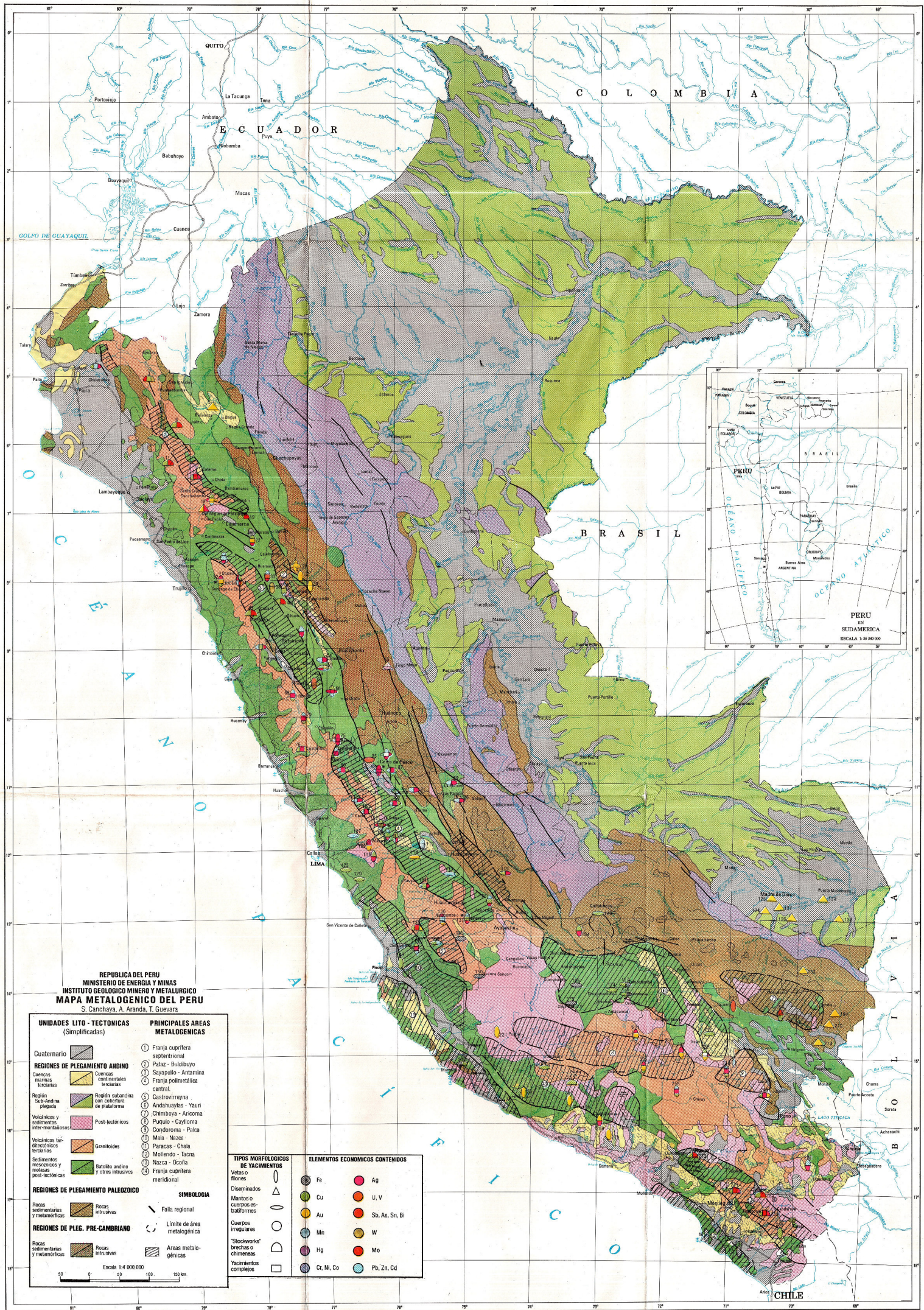
0 1 2 3 4 5 10 15 Km

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

DECLINACIÓN MAGNÉTICA APROXIMADA EN 1900
PARA TODO EL CUADRÁNGULO
VARIA ANUALMENTE 8'27" OESTE

- | | |
|--|---|
| | Rumbo y buzamiento de capas |
| | Rumbo y buzamiento de capas volcado |
| | Capas con buzamientos medianos |
| | Rumbo y buzamiento de juntas |
| | Jointuras verticales |
| | Contacto conocido |
| | Contacto aproximado |
| | Eje de anticlinal : normal y volcado |
| | Eje de sinclinal : normal y volcado |
| | Falla conocida |
| | Falla probable |
| | Sobrescurrimiento |
| | Mina y prospecto minero, con indicación del mineral |
| | Línea de perfil estructural |
| | Carretera afirmada |
| | Carretera carrozable |
| | Camino de herradura |





REPUBLICA DEL PERU
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
MAPA METALOGENICO DEL PERU
S. Canchaya, A. Aranda, T. Guevara

UNIDADES LITO - TECTONICAS
(Simplificadas)

REGIONES DE PLEGAMIENTO ANDINO

- Cuencas intrínsecas terciarias
- Región subandina con cobertura de plataforma
- Volcánicos y sedimentos inter-montañeses
- Volcánicos tardío-terciarios terciarios
- Sedimentos mesocénicos y miocénicos post-terciarios

REGIONES DE PLEGAMIENTO PALEOZOICO

- Rocas sedimentarias y metamórficas

REGIONES DE PLEG. PRE-CAMBRIANO

- Rocas sedimentarias y metamórficas

PRINCIPALES AREAS METALOGENICAS

- 1 Franja cuádrifera septentrional
- 2 Patate - Baidibuyo
- 3 Sayapullo - Antamina
- 4 Franja polimetálica central
- 5 Castrovirreyne
- 6 Andahuaylas - Yauri
- 7 Chimu - Arica
- 8 Puno - Caylloma
- 9 Cordillera - Palca
- 10 Mala - Nazca
- 11 Paracas - Chala
- 12 Molendo - Tacna
- 13 Nazca - Ocuja
- 14 Franja cuádrifera meridional

SIMBOLOGIA

- Falla regional
- Límite de área metalogénica
- Áreas metalogénicas

TIPOS MORFOLOGICOS DE YACIMIENTOS

- Vetas o filones
- Diseminados
- Manos o cuerpos estratiformes
- Cuerpos irregulares
- "Stockwork" brechas o chimeneas
- Yacimientos complejos

ELEMENTOS ECONOMICOS CONTENIDOS

Fe	Ag
Cu	U, V
Au	Sb, As, Sn, Bi
Mn	W
Hg	Mo
Cr, Ni, Co	Pb, Zn, Cd

